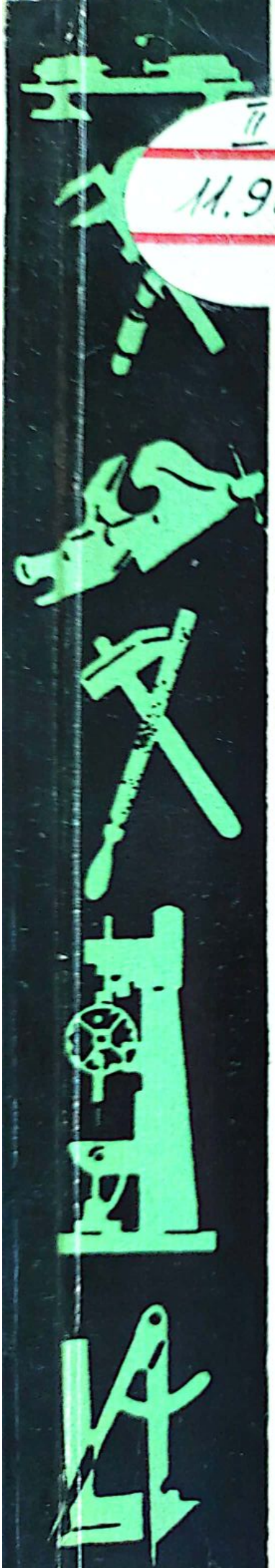
11.983

COLECȚIA DE ATEL



AL. MOGA

Instrumente și aparate de măsurare

EDITURA TEHNICĂ

Scanned with CamScanner

Ing. ALEXANDRU MOGA

Instrumente
şi
aparate de măsurare

148.157

EDITURA TEHNICĂ
București — 1962

Nu se împrumută acasă

Scanned with CamScanner

7. V 85

Lucrarea „Instrumente şi aparate de măsurare“ din cadrul „Colecţiei de atelier“ conţine un material sistematizat despre metodele şi mijloacele de măsurare şi control al dimensiunilor liniare, al unghiurilor şi conicităţilor, al filetelor, elementelor roţilor dinţate, al abaterilor de la forma geometrică perfectă, al netezimii suprafeţelor etc. În lucrare sînt date scurte descrieri ale metodelor şi aparatelor de măsurare, indicîndu-se şi modul de lucru cu aparatele respective.

Lucrarea se adresează muncitorilor, maiştrilor şi controlorilor din cadrul uzinelor constructoare de maşini şi aparate, avînd drept scop îmbunătăţirea calităţii produselor şi ridicarea productivităţii muncii.

V 7 2014

Scanned with CamScanner

Prefață

Documentele Congresului al III-lea al P.M.R. și Directivele C.C. al P.M.R. cu privire la criteriile întrecerii socialiste au arătat că, în etapa actuală a dezvoltării industriei noastre socialiste, lupta pentru calitatea înaltă a produselor face parte integrantă din lupta întregului popor pentru desăvîrșirea construcției socialismului.

Sarcina principală în această direcție este ca marca fiecărei uzine producătoare să devină o garanție a calității produselor și pentru aceasta muncesc cu însuflețire colectivele de muncitori, ingineri și tehnicieni din toate întreprinderile din țară. Bazarea criteriilor întrecerii socialiste pe condițiile de calitate, intensificarea schimburilor de experiență și antrenarea inginerilor și a tehnicienilor în acțiunea de ridicare a calificării muncitorilor, sprijinită puternic de organizațiile de masă sub îndrumarea organizațiilor de partid, fac parte din inițiativele și măsurile menite să contribuie la ridicarea nivelului calitativ al producției.

Controlul și autocontrolul calității produselor, elemente importante în lupta pentru o calitate înaltă, necesită instrumente și aparate de măsurare din ce în ce mai precise, precum și folosirea lor corectă de către muncitori și de către controlorii din ateliere.

Cei care mînuiesc mijloacele de control trebuie să posede pricepere, îndemînare și exercițiu pentru manevrarea cît mai eficientă a mijloacelor respective.

Un ajutor prețios pentru ridicarea calificării și însușirea cunoștințelor de bază ale tehnicii măsurărilor, călăuza sigură a executanților și a controlorilor din ateliere, este cartea, care, în condițiile actuale ale tehnicii, nu trebuie să lipsească nimănui.

Pentru a pune la îndemîna celor din atelierele prelucrătoare un material cît mai instructiv, într-o formă cît mai concentrată, a fost necesară publicarea în „Colecția de atelier" a lucrării „Instrumente și aparate de măsurare".

Scanned with CamScanner

În lucrare sînt date noțiuni despre tehnica măsurărilor, metode de măsurare, unități de măsură, erori de măsurare. Sînt descrise aparatele și instrumentele pentru măsurarea lungimilor, unghiurilor, conicităților, filetelor, roților dințate, abaterilor de la forma geometrică, calității suprafețelor etc.

În descrierea diferitelor aparate și metode de măsurare și de control s-a ținut seamă de destinația, construcția și modul de funcționare al acestora.

Materialul cuprins în lucrarea de față se adresează muncitorilor, maiștrilor și controlorilor din uzinele constructoare de mașini.

AUTORUL

Scanned with CamScanner

I. Tehnica măsurărilor

Produsele fabricate, indiferent prin ce procese tehnologice, se compun din repere executate din materiale diferite și cu forme foarte variate, potrivite destinației lor în ansamblul respectiv. Condițiile unei bune funcționări a ansamblului sînt asigurate printr-o proiectare corectă, care trebuie să se traducă prin întocmirea unor desene și a unor condiții tehnice clare și prin cunoașterea și respectarea întocmai a acestora de către executanți.

Verificarea aplicării corecte a tuturor recomandărilor cu privire la dimensiuni, formă și calitate, la fiecare piesă și ansamblu, în cursul și la sfîrșitul executării unui produs, constituie tehnica măsurărilor. Condițiile de executare a produselor de calitate superioară impun cunoașterea acestei tehnici la fel de bine ca și procesul tehnologic prin care trece produsul respectiv.

1.1. Noțiuni despre măsurare și control

A măsura înseamnă a determina, cu ajutorul unui mijloc oarecare, valoarea (măsura) unei mărimi în raport cu o altă mărime de același fel, aleasă ca unitate de măsură.

Pentru cel care trebuie să execute o piesă, noțiunea de măsurare trebuie înțeleasă într-un sens mult mai cuprinzător, aceasta nu se poate reduce la o simplă citire. Problema cea mai dificilă în acest caz este interpretarea critică a rezultatului măsurării. Executantul trebuie să refere totdeauna rezultatul citit al măsurării la desenul de execuție și pentru ca piesa să fie corespunzătoare el trebuie să înscrie acest rezultat între limitele prescrise prin desen sau prin condițiile tehnice. Acest fel de a măsura asociază totdeauna noțiunii de măsurare pe cea de control, de verificare, ceea

Scanned with CamScanner

ce face ca în practica de atelier expresiile: măsurare, control, verificare să nu apară bine delimitate.

Cel care trebuie să constate pe teren sau în laborator, de exemplu, cît de mare este o lungime, face una sau mai multe citiri pe scara instrumentului sau aparatului folosit și prezintă ca rezultat al măsurării un număr corespunzător ca precizie, metodei și aparatului de măsură folosit și experienței sau atenției personale. În acest caz se efectuează o așa-numită *certificare metrologică.*

În conformitate cu terminologia adoptată, trebuie acceptat că măsurarea este legată de ideea de cantitate (determinarea dimensiunilor, netezimii, durității etc.) și rezultatele sînt de obicei exprimate prin cifre. *Controlul* este o noțiune mai largă, care se extinde și asupra verificării calității, în sensul constatării defectelor de suprafață și interioare (sufluri, incluziuni, fisuri). În toate cazurile, măsurarea și controlul au ca scop să verifice corespondența între valorile reale și cele prescrise.

1.2. Bazele tehnicii măsurărilor

Totdeauna cînd se execută un produs se folosește un desen, care, de obicei, cuprinde toate condițiile tehnice prescrise pentru executarea corectă a produsului. Valorile prescrise în desen pentru dimensiuni și calitate se numesc *valori nominale* și se notează cu N.

După executarea produsului, dimensiunile și calitatea obținută se apropie mai mult sau mai puțin de valorile nominale. Valorile reale obținute se numesc *valori efective* și se notează cu E.

Între valorile efective și cele nominale există totdeauna, așa cum se arată în fig. 1, o diferență care se numește *abatere efectivă*, avînd valoarea $A = E - N$.

Procesul de măsurare constă în așezarea instrumentului sau aparatului în poziția de măsurare, observarea poziției elementului indicator, care poate fi un reper, un ac indicator, o dungă luminoasă, un fir reticular etc., față de scara de măsurare a aparatului și citirea indicației acestuia.

Valoarea numerică indicată de instrumentul sau aparatul de măsurare nu este nici valoarea nominală N, nici valoarea efectivă E. Ea este o valoare apropiată de valoarea efectivă, cu atît mai apropiată cu cît instrumentul sau aparatul

Scanned with CamScanner

are o precizie mai mare şi cu cît operaţia de măsurare a fost efectuată cu o atenţie mai mare. Această valoare se numeşte *valoare măsurată* şi se notează cu *M*.

Valoarea măsurată este de multe ori diferenţa dintre indicaţia finală şi indicaţia iniţială a aparatului. Pentru măsurări obişnuite, în cazul în care indicaţia iniţială trebuie să fie zero şi aparatul este bine reglat la poziţia zero, nu se mai face diferenţa şi valoarea măsurată *M* coincide cu indicaţia finală.

În cazul măsurărilor de precizie, valoarea măsurată nu reprezintă încă rezultatul măsurării, fiindcă ea cuprinde o serie de erori de măsurare sistematice şi întîmplătoare, care trebuie eliminate.

Se numeşte *eroare sistematică*, eroarea provenită dintr-un defect — cunoscut sau necunoscut — care trebuie înlăturat. Astfel, cu ajutorul tabelei de corecţii pentru o scară gradată, se înlătură erorile sistematice ale aparatului dat, erori legate de imprecizia unui mecanism sau de gradarea greşită a scării.

Se numeşte *eroare întîmplătoare*, eroarea provenită din cauze practic de neînlăturat, avînd valori mici şi semn neconstant, care nu pot fi stabilite în prealabil; de exemplu, variaţia indicaţiilor aparatului.

Valoarea măsurată a unei mărimi se poate obţine prin măsurarea ei directă cu ajutorul unui instrument sau aparat cu scară suficient de mare pentru ca să poată cuprinde mărimea întreagă, sau cu ajutorul unei măsuri care să se cuprindă de un număr de ori în

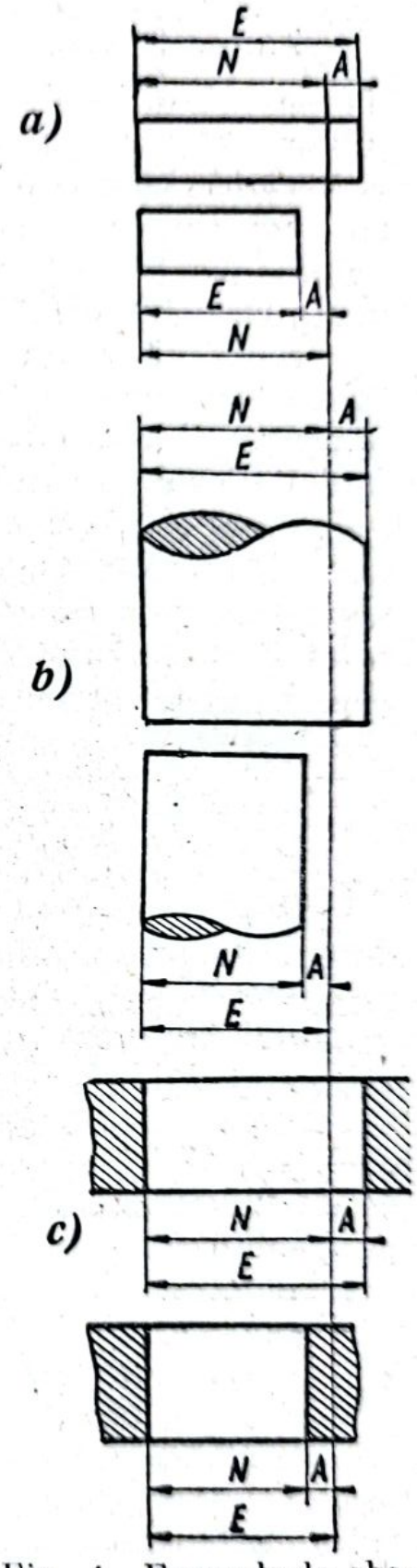


Fig. 1. Exemple de abateri efective:
a — lungimi; *b* — arbori; *c* — alezaje; *N* — dimensiuni nominale; *E* — dimensiuni efective; *A* — abateri efective.

Scanned with CamScanner

mărimea de măsurat. În continuare sînt date trei exemple de măsurări.

1) Se măsoară cu șublerul diametrul unei bare de 30,5 mm; dacă șublerul indică corect zero (condiție impusă tuturor aparatelor de acest fel), atunci mărimea măsurată este valoarea finală citită pe scara de măsurare a instrumentului.

2) Se măsoară cu microscopul de atelier lungimea unei cale plan-paralele de 50 mm; cala se așază pe masa microscopului (cu respectarea condițiilor de paralelism cu direcția de mișcare longitudinală a mesei), se aduce firul reticular în coincidență cu muchia din stînga a calei și se notează indicația aparatului; se face aceeași operație pentru muchia din dreapta a calei, iar valoarea măsurată este egală cu diferența celor două citiri.

3) Se măsoară cu o riglă etalon de 300 mm lungimea laturii unui pătrat de 1 100 mm; se pune în coincidență colțul din stînga al pătratului cu zero al riglei, se înseamnă pe latura pătratului capătul 300 mm al riglei, se pune în coincidență semnul făcut cu zero al riglei și se înseamnă din nou latura pătratului în dreptul gradației de 300 mm a riglei. Se repetă încă de două ori operația aceasta și apoi se citește pe riglă gradația de 200 mm corespunzătoare colțului din dreapta al pătratului. Valoarea măsurată este $M = 300 + 300 + 300 + 200 = 1\,100$ mm.

Aceste măsurări se numesc *măsurări absolute*.

Uneori nu se măsoară decît diferența dintre valoarea mărimii de măsurat și aceea a unei mărimi etalon de același fel. De exemplu, măsurarea cu ajutorul unui comparator a diferenței dintre grosimea unei cale plan-paralele de 20,05 mm și a unei cale etalon de 20 mm.

Aceste măsurări se numesc *măsurări comparative* sau *relative*.

1.3. Metode de măsurare. Clasificare

Metodele de măsurare sînt diferite și depind de mijloacele de măsurare folosite și de condițiile în care se execută măsurarea. Mijloacele și condițiile de măsurare nu trebuie luate la întîmplare, ci alese potrivit caracterului măsurării.

După precizia de măsurare, metodele de măsurare se împart în două grupe: *metode de laborator*, care țin seama

Scanned with CamScanner

de erorile de măsurare, şi *metode tehnice*, sau de atelier, la care rezultatele măsurării sînt chiar valorile indicate de aparat. În lucrarea de faţă se tratează în special mijloacele şi metodele tehnice de măsurare.

Clasificarea metodelor tehnice de măsurare este dată în tabela 1.

TABELA I

Clasificarea metodelor de măsurare

Metode de măsurare		Exemplu
denumirea	descrierea	
Absolute	Se măsoară valoarea totală a mărimii cu ajutorul unui instrument, aparat sau măsură de acelaşi fel	Măsurarea cu ajutorul riglei, şublerului, micrometrului, microscopului de atelier etc.
Relative sau comparative	Se măsoară cu ajutorul unui aparat diferenţa (abaterea) mărimii faţă de o mărime etalon de acelaşi fel	Măsurarea cu ajutorul comparatorului, ortotestului, optimetrului etc.
Directe	Se măsoară direct mărimea, rezultatul fiind indicaţia sau diferenţa de indicaţii a aparatului	Toate măsurările de lungimi, unghiuri etc., făcute direct cu instrumente sau aparate indicatoare, inscriptoare etc.
Indirecte	Se măsoară una sau mai multe mărimi cu ajutorul cărora valoarea mărimii căutate rezultă dintr-o relaţie, dintr-un grafic sau dintr-o tabelă	Măsurarea filetului prin metoda celor trei sîrme etc.
Cu contact	Suprafaţa de măsurare a instrumentului sau aparatului de măsurare vine în contact direct cu piesa care se măsoară	Măsurare cu instrumente sau aparate de măsurare cu palpare
Fără contact	Suprafaţa sau reperul de măsurare al aparatului face un contact optic cu piesa care se măsoară	Măsurare cu microscop, cu proiector etc.

Scanned with CamScanner

Ca indicații în alegerea metodelor de măsurare se recomandă ca, în cazul măsurării unui număr mare de mărimi de același fel, care diferă puțin între ele, să se folosească metoda de măsurare relativă. În asemenea cazuri, aparatele speciale pentru măsurări absolute se pot folosi și pentru măsurări relative. Pentru aceasta, ele se reglează la o dimensiune apropiată de cea care se măsoară, cu ajutorul unei mărimi etalon. De asemenea, aparatele special construite pentru măsurări relative pot fi folosite pentru măsurări absolute ale mărimilor care se pot înscrie în domeniul lor restrîns de măsurare.

1.4. Parametrii geometrici și calitatea unei piese

Respectarea preciziei elementelor geometrice ale pieselor prelucrate ocupă principalul loc în stabilirea calității lor. Aceste elemente geometrice, denumite și parametri geometrici, sînt: dimensiunile, forma și rugozitatea suprafeței.

Orice piesă prelucrată este un corp geometric. Pentru ușurința prelucrării se caută ca forma geometrică a piesei să fie cît mai regulată și să se poată obține prin prelucrări cît mai simple. Mișcările cele mai obișnuite ale mașinilor sînt cele rectilinii și de rotație. Suprafețele executate prin prelucrare cu mișcări rectilinii sau de rotație sînt de obicei suprafețe plane sau cilindrice. Corpurile mărginite de asemenea suprafețe sînt în general corpuri geometrice regulate, paralelipipedice sau cilindrice. Piramidele și conurile se pot obține tot atît de ușor numai prin înclinări ale sculei sau suportului ei față de axa piesei și sînt și ele corpuri geometrice regulate. Prin secționări convenabile, orice suprafață se poate împărți într-o sumă de suprafețe simple și orice corp geometric se poate împărți într-o sumă de corpuri geometrice simple.

Măsurarea lungimilor suprafețelor și volumelor, se execută prin măsurare directă sau indirectă.

Dimensiunile liniare (STAS 46-52) se clasifică astfel:

Dimensiuni de funcționare, care rezultă din calculul de rezistență al piesei sau din funcționarea acesteia în ansamblu.

Dimensiuni de asamblare, care determină buna funcționare a ansamblului din care face parte piesa și dau posibi-

Scanned with CamScanner

litatea montării fără prelucrări suplimentare a oricărei piese dintr-un lot în orice ansamblu de același fel (interschimbabilitate).

Dimensiuni auxiliare sau *tehnologice*, care sînt necesare la aplicarea procesului tehnologic recomandat în planul de operații.

Dimensiuni libere, care au o importanță secundară din punctul de vedere al funcționării și din acela al asamblării.

Ansamblul dimensiunilor liniare, al suprafețelor și al unghiurilor determină forma geometrică a piesei.

Ansamblul neregularităților suprafețelor prelucrate, neregularități cu pas mare, de ordinul milimetrilor, numite *ondulații*, sau cu pas mic, de ordinul micronilor, numite *rugozități*, determină *calitatea suprafeței*.

Nerespectarea condițiilor de precizie impuse parametrilor geometrici duce la diferite abateri, dintre care cele mai frecvente sînt arătate în tabela 2.

TABELA 2

Abateri provenite din nerespectarea parametrilor geometrici

Denumirea	Definiția
Abateri de la dimensiunile liniare	Lungimea, respectiv diametrul piesei sînt în afara toleranțelor prescrise pe desene
Abateri de la dimensiunile unghiulare	Unghiurile au valori mai mici sau mai mari decît toleranțele prescrise pe desene
Ovalitatea	Într-un plan perpendicular pe axă secțiunea nu are același diametru în toate direcțiile; ea prezintă, în două direcții, la 90° un diametru maxim și altul minim
Poligonalitatea	Într-un plan perpendicular pe axă secțiunea este formată din linii drepte și arce de cerc

Scanned with CamScanner

Denumirea	Definiția
Convexitatea	Generatoarele unei piese cilindrice nu sînt rectilinii, ci bombate, dînd piesei forma de butoi
Concavitatea	Generatoarele unei piese cilindrice nu sînt rectilinii, ci încovoiate, dînd piesei forma de mosor
Curbarea	Axa piesei nu este rectilinie, ci încovoiată
Conicitatea	Generatoarele piesei nu sînt paralele. Valoarea conicității este dată de raportul dintre diferența diametrelor în două secțiuni și distanța dintre cele două secțiuni $K = \frac{D - d}{l}$
Rectilinitatea	Abaterea de la linia dreaptă a profilului intersecției suprafeței cu un plan perpendicular pe ea
Planitatea	Abaterea de la linia dreaptă în orice direcție a suprafeței plane a unei piese
Coaxialitatea	Axele sînt deviate paralel sau înclinate una față de cealaltă
Bătaia radială	Conturul secțiunii circulare a unei piese se află la distanțe diferite față de axa centrală sau față de altă secțiune circulară
Bătaia frontală	Suprafața frontală a piesei este înclinată față de planul perpendicular pe axa piesei

Scanned with CamScanner

TABELA 2 (continuare)

Denumirea	Definiția
Abatere de la paralelism	*a)*. Axa unei suprafețe nu este paralelă cu suprafața de bază; *b)*. Axele a două suprafețe sînt neparalele; *c)*. Două suprafețe ale piesei sînt neparalele
Abaterea de la perpendicularitate	Planele sau axele indicate ca perpendiculare față de planul de bază au abateri de la unghiul drept
Ondulația	Abaterea periodică cu pas mare de la linia profilului intersecției suprafeței cu un plan perpendicular pe ea
Rugozitatea	Gradul de netezime al suprafeței este inferior celui prescris în desene sau condiții tehnice

Asamblări și elemente pentru transmiterea mișcării. Funcția îndeplinită de o piesă într-un ansamblu se numește *rol funcțional*. Cele mai obișnuite roluri funcționale sînt fixarea altor piese sau transmiterea mișcărilor. Ca urmare, poziția pieselor în ansamblu poate fi fixă sau mobilă. De asemenea, transmiterea mișcării se poate face continuu sau intermitent.

Fixarea piesei în ansamblu sau transmiterea mișcării se fac cu ajutorul anumitor părți sau elemente, numite *elemente de asamblare* și de *transmitere a mișcării*. După felul asamblării sau al mișcării transmise, aceste elemente sînt la rîndul lor de mai multe feluri.

Cea mai utilizată asamblare este asamblarea alezaj-arbore. La acest fel de asamblare piesele sînt cuprinse una în cealaltă, elementele asamblării fiind suprafața cuprinzătoare, numită *alezaj*, și suprafața cuprinsă, numită *arbore*. Suprafețele de contact pot fi: netede (cu sau fără pană),

Scanned with CamScanner

striate, dințate, canelate, iar după formă: cilindrice, conice sau plane. Asamblarea poate fi: fixă sau mobilă.

Asamblarea cilindrică alezaj-arbore se caracterizează prin diametrul D al suprafeței cuprinzătoare, diametrul d al suprafeței cuprinse și prin diferența lor, care determină natura asamblării (ajustajului).

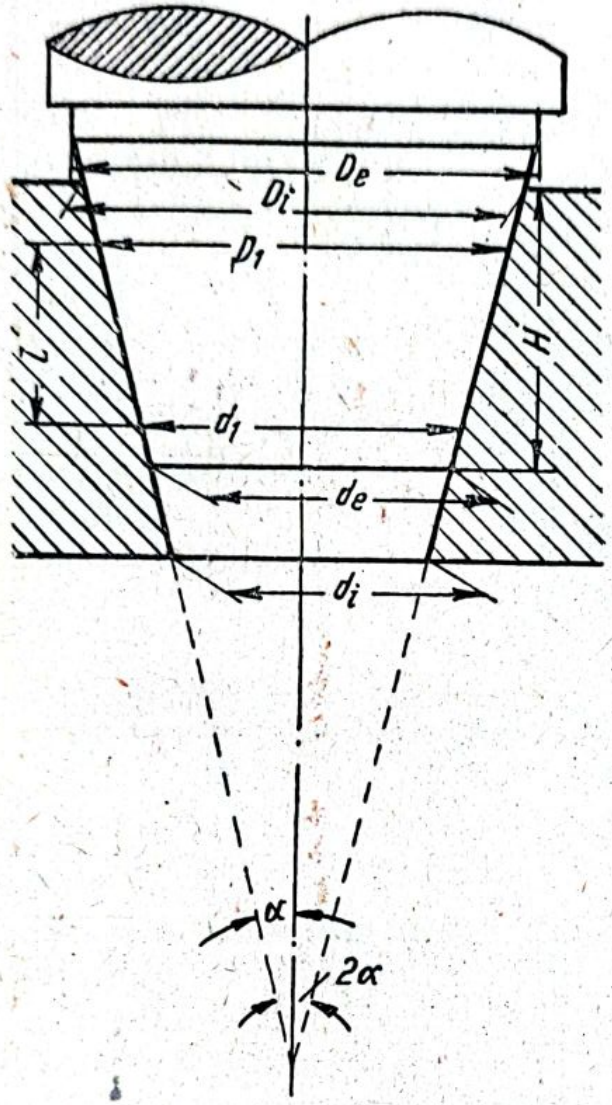


Fig. 2. Elementele asamblării conice.

Asamblarea conică este de asemenea foarte mult folosită pentru autocentrare, pentru reglarea jocurilor sau pentru etanșare și poate fi, după caz, fixă, mobilă și etanșă.

Elementele asamblărilor conice sînt: conul interior corespunzător suprafeței cuprinzătoare și conul exterior corespunzător suprafeței cuprinse (fig. 2). Caracteristicile sînt diametrele mari D_i și D_e, diametrele mici d_i și d_e ale conurilor interior și exterior, lungimea H a asamblării conice și lungimea l egală cu distanța dintre secțiunile perpendiculare pe axă corespunzătoare diametrelor D_1 și d_1.

Conicitatea, $1 : k = \frac{D_1 - d_1}{l}$, exprimă raportul dintre diferența diametrelor corespunzătoare a două secțiuni perpendiculare pe axă și distanța dintre ele.

Înclinarea, $i = \frac{R - r}{l}$, exprimă raportul dintre diferența razelor acelorași secțiuni și distanța dintre ele.

Conicitatea unui con este de două ori mai mare decît înclinarea aceluiași con.

La asamblările conice, conicitățile exterioare și interioare sînt teoretic egale.

Scanned with CamScanner

O asamblare foarte des întîlnită este asamblarea prin *filet*, folosită pentru fixare, etanşare, transmiterea mişcării etc. Asamblarea filetată este o îmbinare între o suprafaţă cuprinzătoare, filetul interior al piuliţei, şi alta cuprinsă, filetul exterior al şurubului.

Varietatea tipurilor de filete utilizate curent este foarte mare şi limitarea numărului lor prin standardizare aduce economii însemnate în construcţia de maşini şi aparate.

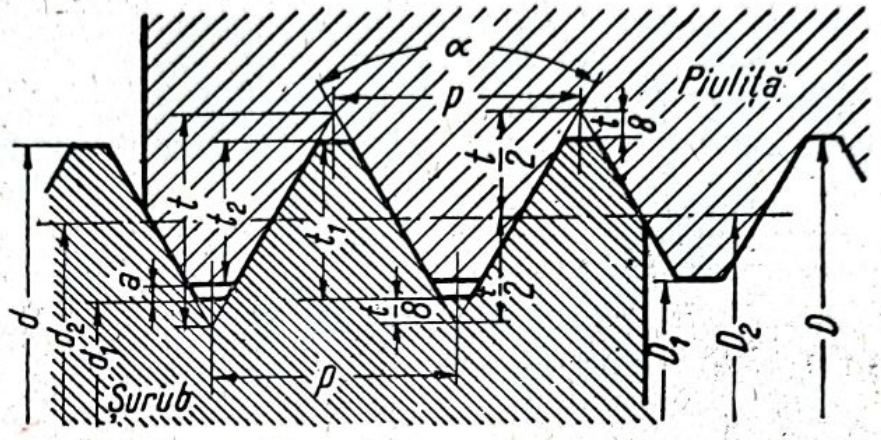


Fig. 3. Elementele asamblării filetate.

În fig. 3 sînt reprezentate, într-o secţiune axială, elementele principale ale unei asamblări filetate cu filet triunghiular. Aceste elemente sînt:

— diametrul exterior al filetului şurubului, d, (diametrul nominal) şi diametrul exterior al filetului piuliţei, D;

— diametrul interior al filetului şurubului, d_1, şi diametrul interior al filetului piuliţei, D_1;

— diametrul mediu al flancurilor filetului şurubului, d_2, şi diametrul mediu al flancurilor filetului piuliţei, D_2. Diametrul d_2, respectiv D_2, este diametrul cilindrului a cărui suprafaţă taie spirele filetului, astfel că lăţimea $p/2$ a golului este egală cu lăţimea plinului;

— pasul filetului, p, este distanţa între două puncte identice ale flancurilor succesive, de exemplu două vîrfuri succesive, măsurată paralel cu axa; pentru filetul cu un singur început, la o rotaţie completă, deplasarea longitudinală între şurub şi piuliţă este egală cu pasul p; pentru filetul cu mai multe începuturi, pasul şi deci deplasarea între şurub şi piuliţă la o rotaţie completă au o valoare egală cu distanţa între două puncte identice ale flancurilor succesive, înmulţită cu numărul de începuturi;

Scanned with CamScanner

— unghiul flancurilor, α, este unghiul flancurilor profilului măsurat într-un plan axial;

— înălțimea completă, t, în cazul filetului triunghiular este distanța dintre vîrfurile interior și exterior, obținută prin prelungirea flancurilor pînă la intersectarea lor;

— înălțimea profilului, t_1, este înălțimea profilului teoretic, aceeași pentru șurub și pentru piuliță, măsurată perpendicular pe axă;

— înălțimea de lucru, t_2, este înălțimea pe care are loc contactul între șurub și piuliță, măsurată perpendicular pe axă.

Asamblarea cea mai utilizată pentru cuplaje de mare rezistență, care oferă totodată siguranță deosebită în exploa-

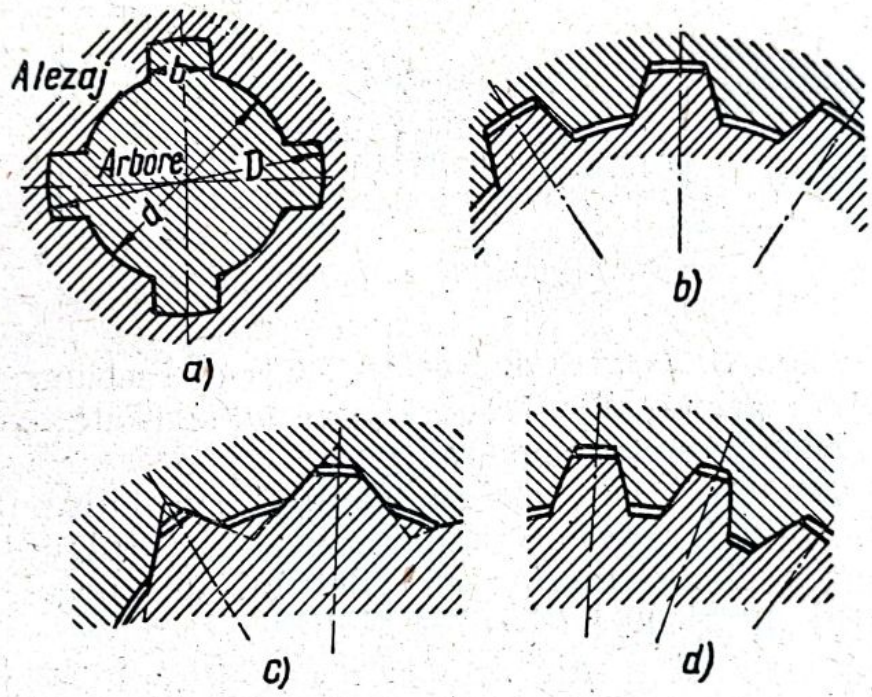


Fig. 4. Asamblări canelate:
a — dreptunghiulară; *b* — trapezoidală; c — triunghiulară; *d* — în evolventă.

tare și precizie ridicată la centrare și ghidare, este asamblarea canelată. Această asamblare permite și deplasări axiale mari.

În fig. 4 sînt reprezentate cele patru feluri de asamblări canelate întîlnite curent.

Elementele cele mai folosite pentru transmiterea mișcării sînt angrenajele. Transmiterea mișcării se face prin roți dințate așezate perechi pe axele de transmisie, raportul de transmitere fiind egal cu raportul dintre numărul de

Scanned with CamScanner

dinţi al roţii conduse şi numărul de dinţi al roţii conducătoare.

Transmiterea mişcării se poate realiza:

— între arbori paraleli, prin perechi de roţi cilindrice cu dinţi drepţi sau înclinaţi;

— între arbori neparaleli, ale căror axe se întretaie, prin perechi de roţi conice cu dinţi drepţi sau curbi;

— între arbori neparaleli, ale căror axe nu se întretaie, prin angrenaje elicoidale şi angrenaje melcate;

— în cazuri speciale, prin angrenaje speciale.

Secţiunea perpendiculară pe generatoarea dintelui unei roţi dinţate dă profilul dintelui, care este o caracteristică de bază a angrenării. Profilele executate curent sînt: profilul în evolventă şi profilul cicloidal. Primul este întîlnit frecvent în construcţii de maşini şi prezintă mai multe avantaje de executare, iar al doilea, în construcţii de aparate şi prezintă unele avantaje de exploatare.

Elementele roţilor dinţate cilindrice cu dinţi drepţi (fig. 5) sînt:

— numărul de dinţi z, egal cu numărul de goluri;

— diametrul de rostogolire D_r sau jumătatea lui, raza cercului de rostogolire R_r, cercul de rostogolire fiind cercul imaginar cu centrul pe axa roţii, a cărui periferie se împarte într-un număr de părţi, egal cu numărul de paşi; cercurile de rostogolire ale perechii de roţi în angrenare sînt tangente, astfel încît suma razelor lor este egală cu distanţa dintre cele două axe

$$A = R_{r_1} + R_{r_2};$$

— pasul p este porţiunea de arc a cercului de rostogolire căreia îi corespund grosimea s_d a unui dinte şi lungimea s_g corespunzătoare unui gol

$$p = s_d + s_g;$$

conform acestei definiţii, lungimea cercului de rostogolire cu diametrul D_r este egală cu numărul de dinţi z înmulţit cu pasul, adică

$$D_r = zp;$$

— modulul m, a cărui valoare se obţine prin împărţirea pasului p cu π, adică

$$m = \frac{p}{3{,}14};$$

148.157

Scanned with CamScanner

modulele obișnuite au valori standardizate; din definiția modulului rezultă relația

$$D_p = mz \quad \text{sau} \quad m = \frac{D_p}{z};$$

— înălțimea capului dintelui, a, și înălțimea piciorului dintelui, b; la roțile dințate se consideră $a = m$ și

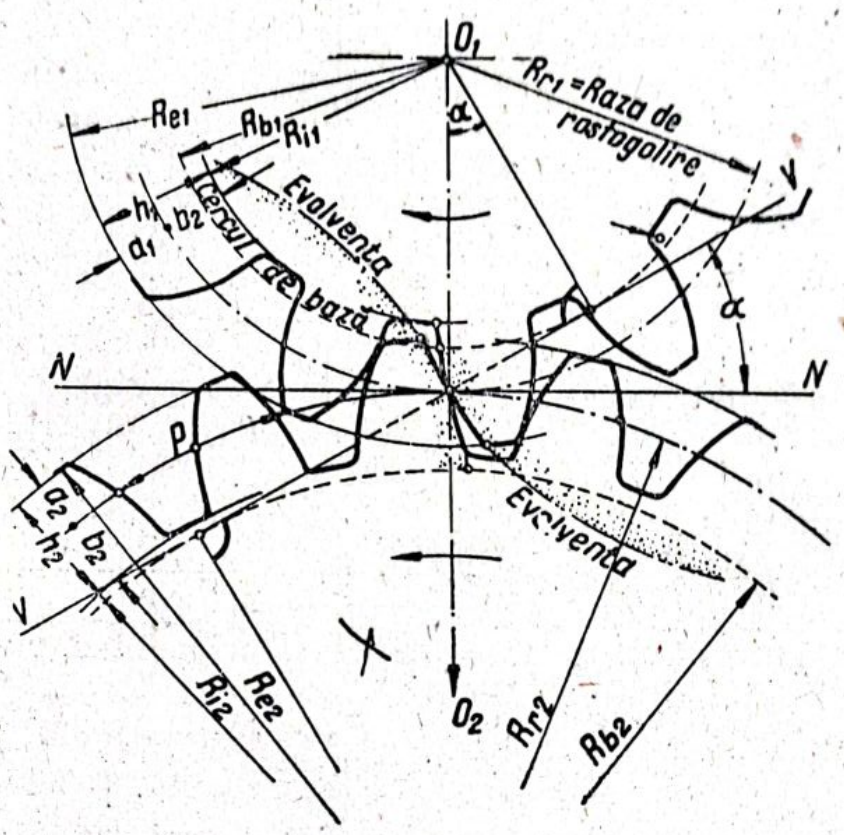


Fig. 5. Angrenaje în evolventă.

$b = 1{,}2$ m, astfel încît înălțimea totală h a dintelui se calculează cu relația

$$h = a + b = m + 1{,}2\,m = 2{,}2\,m,$$

iar diametrul exterior cu relația

$$D_e = D_p + 2\,m = m\,(z + 2).$$

Alte elemente caracteristice angrenajelor sînt: cercurile de bază cu razele R_{b1} și R_{b2}, cercuri prin desfășurarea cărora se obțin evolventele profilelor; cercurile interioare care determină fundurile dinților, avînd razele R_{i1} R_{i2}; linia de angrenare VV, care face cu perpendiculara NN pe linia centrelor unghiul de angrenare α, a cărui valoare este standardizată la 20°.

Scanned with CamScanner

1.5. Toleranțe și ajustaje

Dimensiunile efective ale pieselor prelucrate trebuie să fie cuprinse între dimensiunile limită maxime, L_{max}, D_{max} etc. și dimensiunile limită minime, L_{min}, D_{min} etc. (fig. 6). Diferența dintre cele două dimensiuni limită se numește *toleranță*. $T = L_{max} - L_{min} = D_{max} - D_{min}$. Pentru aceeași dimensiune nominală, precizia unei prelucrări este cu atît mai mare, deci piesa se execută cu atît mai greu, cu cît valoarea toleranței T este mai mică.

Diferențele dintre dimensiunile limită și dimensiunea nominală reprezintă abaterile: superioară $A_s = L_{max} - N = D_{max} - N$ și inferioară $A_i = L_{min} - N = D_{min} - N$, iar diferența dintre abaterea superioară și cea inferioară este egală cu toleranța $A_s - A_i = T$.

Conform STAS 2090-51, indicarea pe desen a abaterilor limită și a toleranțelor se face scriindu-se la dreapta cotei, în partea de sus, abaterea superioară și în partea de jos, abaterea inferioară, cu semnele lor; abaterile a căror valoare este egală cu zero nu se indică. În cazul în care abaterea inferioară este egală cu cea superioară, numărul care indică valoarea lor se scrie o singură dată, la mijlocul numărului care reprezintă cota, de care se desparte numai prin semnul $\pm$.

Dimensiunea efectivă a unei piese bune va fi cuprinsă întotdeauna între dimensiunile limită care mărginesc cîmpul de toleranță.

Mărimea toleranței depinde de precizia prelucrării, dar și de dimensiunea

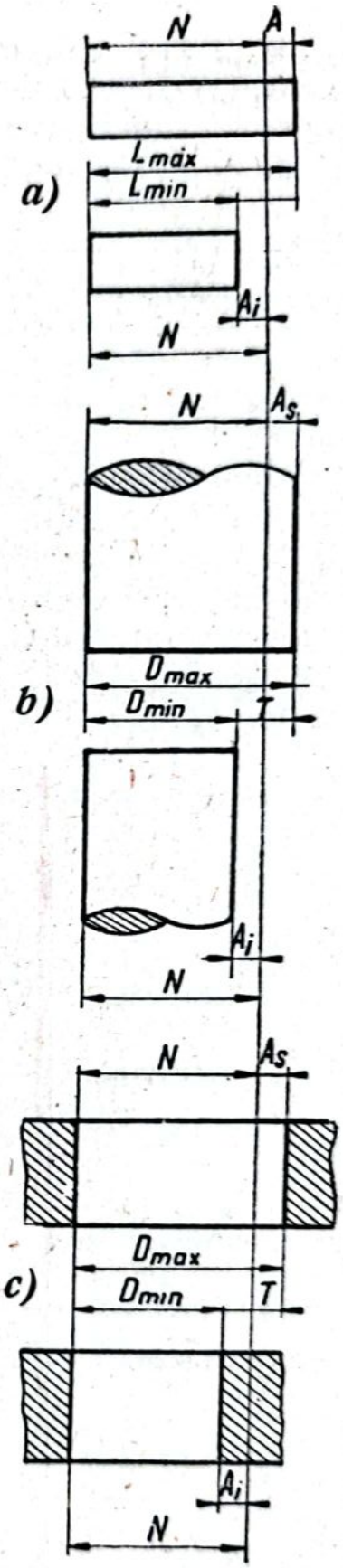


Fig. 6. Reprezentarea schematică a dimensiunilor limită și a toleranțelor pentru:
a — lungimi; *b* — arbori; *c* — alezaje.

Scanned with CamScanner

piesei. Piesele executate în aceeaşi clasă de precizie au toleranţa cu atît mai mare cu cît dimensiunea corespunzătoare este mai mare. Pentru măsurarea toleranţei s-a ales totuşi o unitate care depinde de dimensiune, astfel încît, pentru dimensiuni mai mici, unitatea să fie mai mică, iar pentru dimensiuni mai mari, unitatea să fie mai mare.

Pentru piesele care funcţionează împreună formînd o îmbinare, deşi valorile nominale ale dimensiunilor suprafeţelor de contact sînt egale, cîmpurile de toleranţă ale acestor dimensiuni sînt diferite după rolul funcţional al ansamblului.

În cazul asamblărilor alezaj-arbore, diferenţa dintre diametrul alezajului şi cel al arborelui, care determină ajustajul pieselor asamblate, a fost reglementată prin STAS 1918-52. S-au stabilit trei grupe de ajustaje (tabela 3): cu strîngere, intermediare, sau de trecere, şi cu joc; simboli-

TABELA 3

Denumirea şi simbolizarea ajustajelor (STAS 1918-52)

Caracterul ajustajului	Denumirea ajustajului	Simbolul	
		Alezaj	Arbore
Ajustaje cu strîngere	Ajustaje presate special	SX SV SU	sx sv su
	Ajustaj presat la cald (fretat)	SC	sc
	Ajustaj presat	SB	sb
	Aparataj presat uşor	SA	sa
Ajustaje intermediare	Ajustaj blocat	TD	td
	Ajustaj forţat	TC	tc
	Ajustaj aderent	TB	tb
	Ajustaj cu frecare	TA	ta
Ajustaje cu joc	Ajustaj alunecător	JE	je
	Ajustaj semiliber	JD	jd
	Ajustaj liber	JC	jc
	Ajustaj larg	JB	jb
	Ajustaj foarte larg	JA	ja

Scanned with CamScanner

zate cu inițialele denumirilor respective S, T, J pentru alezaje și s, t, j pentru arbori. Subgrupele respective s-au simbolizat cu literele alfabetului începînd cu X (x) pentru jocurile minime sau strîngerile maxime și terminînd cu A (a) pentru jocurile maxime sau strîngerile minime.

La ajutasjul cu strîngere, diametrul maxim al alezajului este mai mic decît diametrul minim al arborelui și asamblarea este totdeauna fixă. La ajustajul intermediar, cele două cîmpuri de toleranță se suprapun parțial sau chiar total, formînd fie jocuri fie strîngeri. La ajustajul cu joc, diametrul minim al alezajului este mai mare decît diametrul maxim al arborelui, cele două piese asamblate putîndu-se întotdeauna deplasa una față de cealaltă.

Toleranța ajustajului este diferența între jocurile sau strîngerile maxime și minime, deci reprezintă suma toleranțelor alezajului și arborelui. După precizia cerută îmbinării, ajustajele sînt prelucrate cu toleranțe mai mari sau mai mici.

Pentru a face posibilă alegerea justă a ajustajelor s-au standardizat diferite sisteme de toleranțe și ajustaje pentru suprafețe: cilindrice, conice, filetate, canelate, pentru roți dințate etc. Toate sistemele de acest fel au stabilit prin calcul toleranțele, abaterile limită și ajustajele respective. La baza tuturor sistemelor stau sistemele de toleranțe și ajustaje pentru suprafețele cilindrice.

Orice sistem de toleranțe respectă anumite criterii de bază, ca: alegerea sistemului de ajustaj și alegerea unității de toleranță, împărțirea în clase de precizie, fixarea gamelor de diametre nominale care, pentru simplificarea calculelor, primesc aceleași toleranțe și abateri.

Sistemul *alezaj unitar* este cel mai frecvent. La un asemenea sistem, pentru fiecare diametru nominal și pentru fiecare clasă de precizie, dimensiunile limită ale alezajelor rămîn neschimbate și, pentru realizarea diferitelor ajustaje, ceea ce se schimbă sînt dimensiunile limită ale arborilor (fig. 7). În această figură sînt reprezentate la scară mare abaterile și toleranțele, în microni μ ($1\mu = 0{,}001$ mm), pentru trei ansambluri, nr. 1, 2 și 3.

Reprezentarea grafică a unui ajustaj în sistemul *arbore unitar* începe prin reprezentarea cîmpului de toleranță al arborelui (fig. 8).

Avantajele economice ale sistemului alezaj unitar sînt evidente, întrucît executarea de diametre exterioare diferite

Scanned with CamScanner

(arbori) este mai ușoară decît prelucrarea cu scule speciale (alezoare, broșe) a suprafețelor interioare (alezaje).

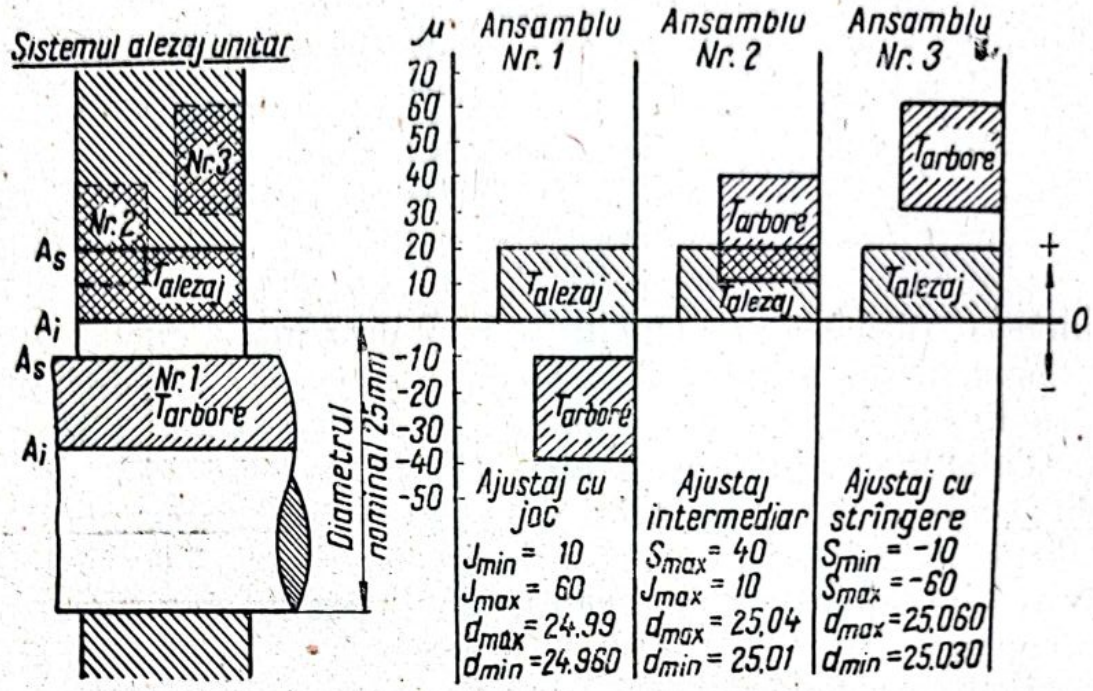


Fig. 7. Exemplu de reprezentare grafică a ajustajelor în sistemul alezaj unitar.

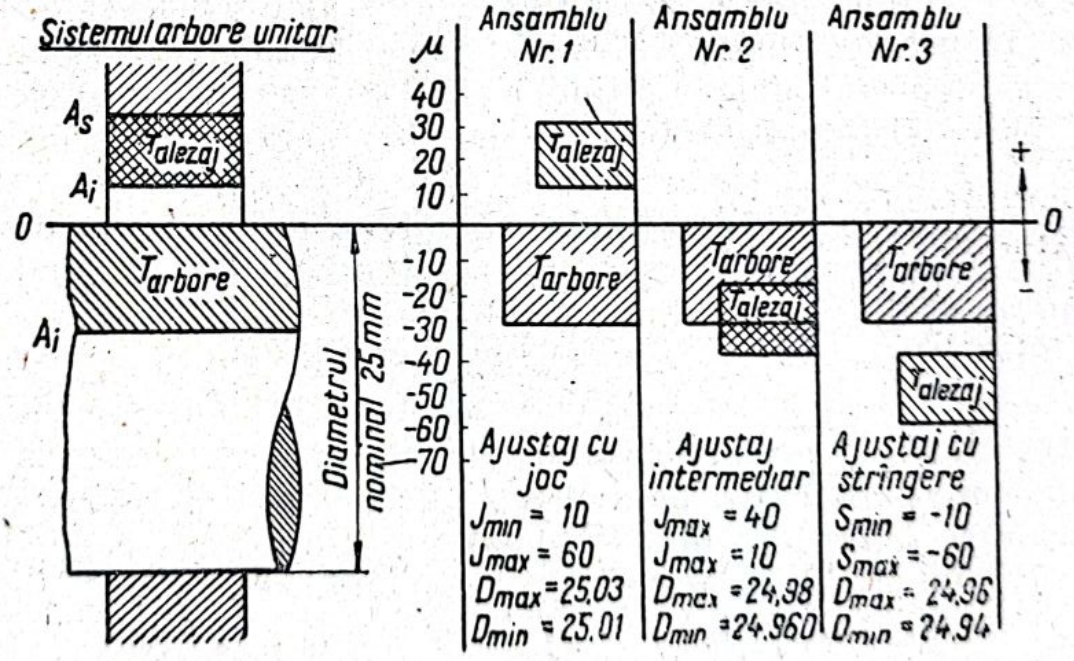


Fig. 8. Reprezentarea grafică a ajustajelor în sistemul arbore unitar.

În ceea ce privește clasele de precizie, standardele fixează zece clase, numerotate de la 1 la 10, clasa 1 fiind cea mai precisă. Primele șapte clase se întrebuințează pen-

Scanned with CamScanner

tru ajustaje, ultimele trei, pentru dimensiuni libere. Indicarea completă a toleranței se face prin completarea simbolului din tabela 3 cu numărul care indică clasa de precizie. De exemplu JE1, JE2, JE3 pentru alezaje în sistemul alezaj unitar și je1, je2, je3 pentru arbori în sistemul arbore unitar.

1.6. Rezultatele măsurărilor. Erori de măsurare

Deși, în măsurările de atelier, rezultatele măsurărilor se pot considera aceleași cu valorile măsurate M este necesar să se cunoască și erorile de măsurare care pot interveni în scopul minimalizării lor.

Erorile de măsurare pot fi: erori sistematice, erori întîmplătoare și erori grosolane.

Erorile grosolane sînt cele care modifică în mod vizibil rezultatele măsurărilor; acestea sînt considerate greșeli de măsurare și se pot elimina prin repetarea citirii sau prin repetarea măsurării.

Erorile sistematice sînt cele care provin dintr-un defect, cunoscut sau necunoscut, care trebuie eliminat. De exemplu, abaterea de la dimensiunea nominală a calei plan-paralele cu care se face reglarea la zero a unui aparat de măsurare.

Valorile erorilor sistematice pot fi înlăturate din rezultatele măsurărilor prin introducerea corecțiilor necesare din tabelele de corecții respective.

Erorile întîmplătoare sînt cele care provin din cauze de neînlăturat, avînd valori mici și semn neconstant și care nu pot fi stabilite în prealabil, ca, de exemplu, variația indicațiilor aparatului de măsurare.

Caracterul erorii este determinat de condițiile care îi dau naștere. Dacă condițiile sau cauzele care îi dau naștere rămîn neschimbate pentru tot șirul de măsurări, atunci eroarea este sistematică. Dacă însă pentru un șir de măsurări o oarecare condiție nu rămîne constantă, atunci și eroarea care depinde de această condiție capătă un caracter întîmplător.

Eroarea totală de măsurare se compune din următoarele componente:

— *Eroarea de indicație a aparatului* care poate să provină fie din citire, fie din abaterile dimensionale ale pieselor care compun mecanismele aparatului de măsurare. Erorile de indicație maxime, numite erori tolerate, sînt standardi-

Scanned with CamScanner

zate pentru fiecare categorie de aparate și nu trebuie să depășească valoarea unei diviziuni.

Eroarea de citire depinde atît de construcția și calitatea mecanismului de citire cît și de priceperea celui care folosește aparatul respectiv, precum și de o serie de condiții exterioare (iluminarea scării gradate, ritmul de citire etc.).

La operația de măsurare, o mare importanță are poziția reciprocă a reperelor scării gradate și a acului indicator. În fig. 9 sînt reprezentate trei cazuri posibile ale acestor poziții reciproce: acul indicator ajunge la baza reperelor ($v = 0$); cota v are ca origine linia care unește baza reperelor scării gradate; în care acul acoperă în parte reperele ($v > 0$), sau nu ajunge la baza reperelor ($v < 0$). Al doilea caz este cel mai convenabil, iar al treilea caz dă cea mai mare eroare de citire.

O altă eroare de citire o constituie *paralaxa*, prin care se înțelege deplasarea vizuală a acului indicator față de reperele scării gradate (fig. 10); aceasta apare din cauza distanței

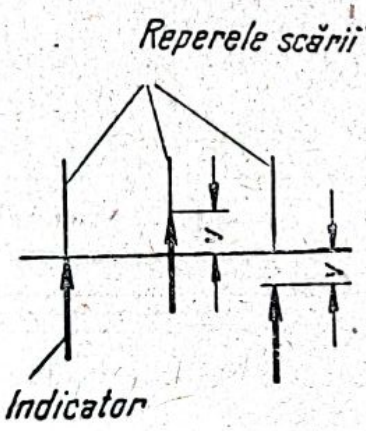


Fig. 9. Eroarea de citire datorită pozițiilor reciproce ale acului indicator față de reperele scării gradate.

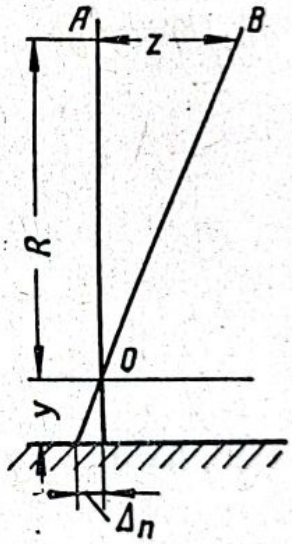


Fig. 10. Deplasarea vizuală a acului indicator față de reperele scării gradate (paralaxa).

în înălțime y a reperului indicator față de scara gradată și este cu atît mai mare cu cît înălțimea y sau deplasarea z a ochiului observatorului din poziția optimă de citire sînt mai mari și cu cît distanța R de la ochiul observatorului pînă la indicator este mai mică (de obicei această distanță este de 250 mm).

Eroarea de citire se determină cu relația $\Delta n = z\frac{y}{R}$.

Scanned with CamScanner

— *Eroarea de mărime datorită etalonului* cu care se face reglarea instrumentului sau aparatului de măsurare.

— *Eroarea datorită abaterii temperaturii* la care se face măsurarea față de temperatura normală considerată de 20°C, conform STAS 1033-50. Pentru înlăturarea acestei erori, temperatura instrumentului sau aparatului de măsurare trebuie să fie aceeași cu a piesei măsurate, sau cît mai apropiată posibil de ea în condiții de atelier.

Eroarea datorită forței de măsurare a instrumentului sau aparatului rezultă din mici deformații la contactul între suprafețele de măsurare ale instrumentului sau aparatului și suprafețele pieselor care se măsoară și din deformațiile elastice ale diferitelor elemente în care sînt fixate instrumentele și aparatele de măsurare: potcoave, suporturi etc. Pentru evitarea acestei erori se tinde tot mai mult ca forța de măsurare să se aplice mecanic prin dispozitivele sau mecanismele aparatelor și să nu fie lăsată la aprecierea celui care măsoară. Valoarea erorii, care se datorește deformațiilor locale ale palpatorului și piesei, depinde de starea suprafeței piesei (netezimea, duritatea) și de forța de apăsare a palpatorului pe suprafața piesei de măsurat.

După cum s-a arătat, prin măsurare se înțelege compararea mărimii de măsurat cu o altă mărime de același fel, luată ca unitate de măsură. În condițiile arătate, rezultatul măsurării este mărimea măsurată M, care arată de cîte ori mărimea măsurată este mai mare decît unitatea de măsură. Mărimea măsurată M este rezultatul înmulțirii dintre un număr întreg sau fracționar V, care reprezintă valoarea rezultatului măsurării, și unitatea de măsură U.

$$M = V \cdot U.$$

Măsurarea tuturor elementelor geometrice se reduce la măsurări de lungimi și de unghiuri.

Unitatea tehnică pentru măsurarea lungimilor este metrul, care reprezintă distanța la 0°C dintre două repere ale etalonului internațional aflat la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți din Franța. Metrul folosit în ateliere are, la temperatura de referință, 20°C, aceeași lungime cu a metrului etalon la 0°C.

Definiția metrului era legată prima dată de lungimea sfertului meridianului pămîntesc, în prezent este dată în funcție de lungimea de undă a anumitor radiații luminoase.

În tabela 4 sînt indicați submultiplii metrului.

Scanned with CamScanner

TABELA 4

Submultiplii metrului, simboluri și valori

Denumirea	Simbolul	Valoarea	
		în metri	în milimetri
Metrul	m	1	1 000
Decimetrul	dm	0,1	100
Centimetrul	cm	0,01	10
Milimetrul	mm	0,001	1
Micronul	μ	0,000 001	0,001

Unitatea tehnică de măsură pentru unghiuri este gradul sexagesimal. În acest sistem circumferința cercului este împărțită în 360 părți egale, numite grade (°). Submultiplii gradului sînt minutul și secunda, un grad sexagesimal = = 60 min = 3 600 s sau $1° = 60' = 3\,600''$.

A patra parte a unui cerc, numită cadran, este un unghi drept și are 90° sexagesimale.

Pentru ușurința calculelor, anumite aparate pentru măsurat unghiuri, goniometrele, sînt divizate în sistemul centesimal. În acest sistem, circumferința cercului este împărțită în 400 părți egale numite grade centesimale (g). Un grad centesimal are 100 minute centesimale (c) și un minut centesimal are 100 secunde centesimale (cc). Un unghi drept are 100 grade centesimale.

Notîndu-se cu π raportul dintre lungimea cercului și diametrul său, se numește *radian* unghiul căruia îi corespunde pe circumferință un arc a cărui lungime este egală cu raza cercului, deci 1 radian $= \frac{360°}{2 \cdot \pi} = \frac{360°}{2 \cdot 3{,}14} = 57°17'44''$.

II. Instrumente și aparate de măsurare

2.1. Clasificarea instrumentelor și aparatelor de măsurare

După complexitate și destinație se disting următoarele categorii de mijloace de măsurare:

— *Măsuri cu valoare constantă*. Acestea reproduc unitatea de măsură, multiplii sau submultiplii săi, de exemplu metrul, rigle fără diviziuni, cale plan-paralele, cale unghiulare.

Scanned with CamScanner

Clasificarea calibrelor

Criteriul	Denumirea	Destinaţia
După destinaţie	De lucru	Controlul în timpul fabricării de către muncitor şi controlul tehnic în atelier
	De recepţie	Controlul la punctele fixe de control şi la recepţie
	De control (contracalibre)	Controlul şi reglarea calibrelor de lucru şi ale celor de recepţie
Criterii metrologice	Limitative („trece“ şi „nu trece“)	Asigură respectarea dimensiunii controlate în limitele prescrise
	Normale	Ajustarea piesei (de obicei pentru verificare pe vopsea sau la lumină); verificarea, de ex.: a rectilinităţii, planităţii, conicităţii etc.
	Complexe	Controlează în acelaşi timp mai mulţi parametri, (filete, caneluri, roţi dinţate etc.)
	Individuale	Controlează numai un singur parametru
	Nereglabile	Pentru controlul unei singure dimensiuni
	Reglabile	Pentru controlul mai multor dimensiuni
	Cu o limită	Calibre cu partea „trece“ sau separat „nu trece“
	Cu două limite	Unilaterale: părţile „trece“ şi „nu trece“ la acelaşi capăt
		Bilaterale: părţile „trece“ şi „nu trece“ la două capete

Scanned with CamScanner

Clasificarea instrumentelor și aparatelor universale de măsurare

Tipul și principiul constructiv	Denumirea aparatului
Cu riglă sau cadran divizat și vernier	Șubler, raportor universal
Cu șurub micrometric	Micrometru
Mecanice cu pîrghie, din care:	
— mecanice simple	Micrometru, comparator cu pîrghie
— cu roți dințate	Comparator cu cadran circular
— cu roți dințate și cu pîrghie	Micrometru cu pîrghie, milimes, ortotest, potcoavă cu pîrghie
Cu arc	Microcator
Optice și optico-mecanice, din care:	
— optice cu pîrghie și optice cu arc	Optimetru, ultraoptimetru
— cu proiecție	Proiector, microscop
Cu interferență	Interferometre, aparat de măsurare a calității suprafețelor
Aparate pneumatice	Cu manometru cu apă, cu flotor, diferențiale
Aparate electrice	Cu contact, cu inducție, capacitive, cu fotoelemente

— *Măsuri cu valoare variabilă*. Acestea reproduc multiplii și submultiplii în limitele date de instrumentul de măsurare, de exemplu metrul sau riglele divizate.

— *Calibrele*. Acestea sînt instrumente de măsurare fără scară gradată. Întrucît există o varietate foarte mare de astfel de instrumente de măsurare, clasificarea lor este dată în tabela 5.

— *Mijloace universale de măsurare*. Sînt instrumente și aparate prevăzute cu scară gradată, deci indică sub formă numerică valoarea măsurată. Clasificarea lor este dată în tabela 6.

— *Mijloace speciale de măsurare*. Din această categorie fac parte dispozitivele de control pentru mai multe dimen-

Scanned with CamScanner

siuni, dispozitivele pentru măsurarea sau pentru controlul automat. Acestea sînt destinate măsurării în condiţii rapide şi economice în special pentru producţia în serie mare în scopul măririi productivităţii şi preciziei măsurării.

Pentru satisfacerea cerinţelor interschimbabilităţii şi asigurarea executării în condiţii bune şi economice a fabricaţiei în serie mare, prelucrarea se face pe operaţii conform planului de operaţii şi metoda de măsurare cea mai sigură este măsurarea cu calibre.

2.2. Elemente constructive ale aparatelor de măsurare

La baza construirii instrumentelor şi aparatelor de măsurat stă unul din principiile următoare, sau o combinaţie a lor: mecanic, optic, pneumatic, electric.

Aproape toate aparatele de măsurat sînt înzestrate cu o scară de măsurare. Domeniul de măsurare al scării sau partea ei utilă este intervalul cuprins între prima şi ultima diviziune pentru care aparatul indică corect, de exemplu şublerul de 150 mm, scară 150 mm deşi lungimea totală a riglei cu diviziuni este mai mare cu o lungime cel puţin egală cu a vernierului.

Valoarea diviziunii scării este valoarea mărimii de măsurat corespunzătoare unei diviziuni a scării gradate.

Distanţa dintre axele a două repere alăturate se numeşte *valoarea diviziunii* sau mai scurt diviziunea pe scara gradată.

Scările sînt gradate astfel încît să se poată aprecia a zecea parte a intervalului unei diviziuni; în producţie se pot aprecia jumătăţi de diviziuni cu ochiul liber. Grosimea cea mai convenabilă a reperelor este egală cu 0,1—0,2 din valoarea diviziunii, iar lungimea convenabilă a reperelor este egală de 1,5—2 ori valoarea unei diviziuni.

Aparatele cu contact au o suprafaţă de lucru sferică sau plană care vine în contact direct cu suprafaţa piesei care se măsoară, de exemplu suprafeţele de măsurare ale riglei şi ale cursorului şublerului sînt plane; suprafaţa tijei palpatoare a comparatorului este sferică. La aparatele fără contact, aparatele optice, în locul tijei palpatoare sau al suprafeţei de măsurare au un element optic, un obiectiv care înlesneşte formarea imaginii punctului observat.

Scanned with CamScanner

Forţa cu care organul sau elementul de contact al aparatului apasă asupra suprafeţei piesei de măsurat se numeşte *forţă de măsurare*. Aceasta este bine să aibă o valoare cît mai constantă şi să nu depindă de cel care efectuează măsurarea. Stabilizarea forţei de măsurare se obţine printr-un mecanism potrivit.

De cele mai multe ori deplasarea elementului de palpare este mică, astfel că pentru a se putea obţine deplasări convenabile ale elementului indicator este necesar un mecanism sau pentru aparatele fără contact un sistem de amplificare.

Înlăturarea cursei moarte a angrenajelor sau a părţilor care se deplasează se face cu ajutorul unui mecanism de luare a jocului.

La aparatele cu palpator mişcarea de la elementul de palpare se transmite prin mecanismul de amplificare la elementul sau acul indicator.

În fig. 11 sînt indicate elementele constructive şi metrologice ale unui aparat construit pe principiul mecanic, de tip comparator, iar în, fig. 12, schema şi elementele aparatelor construite pe principiul optic.

Aparatele construite pe principiul optic sînt de mai multe tipuri. Cele mai obişnuite însă sînt de tipul microscop. Elementele principale ale microscopului sînt obiecti-

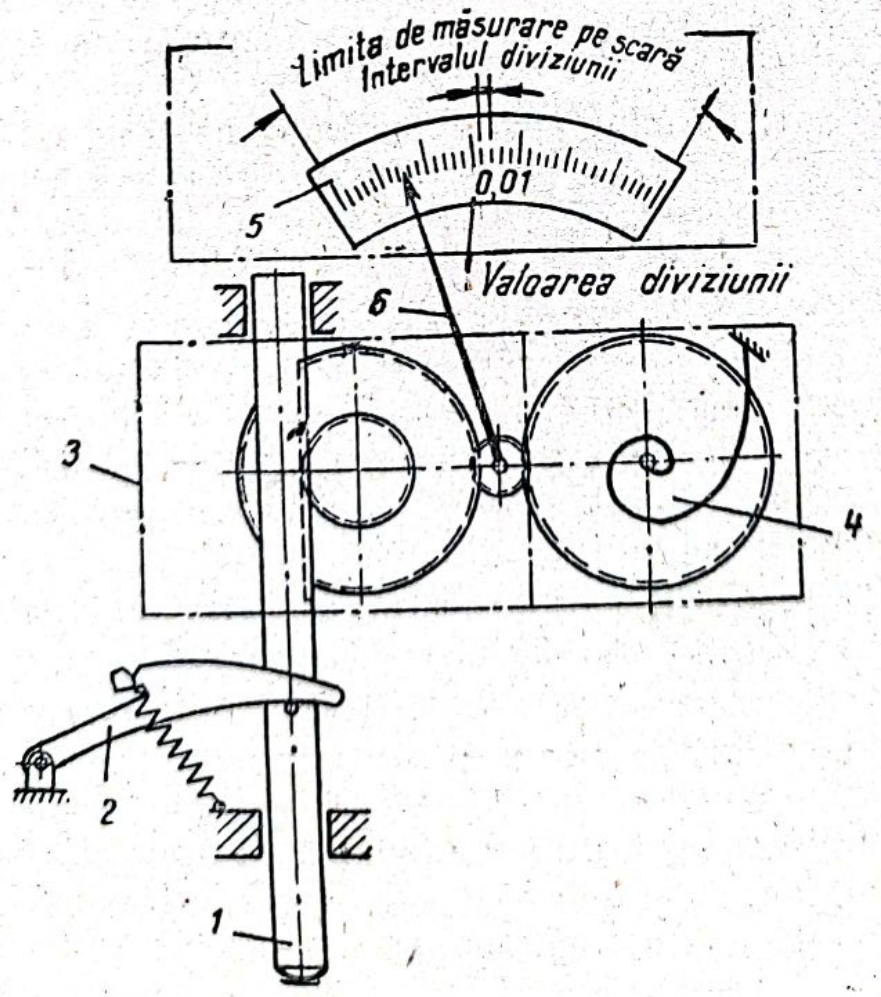


Fig. 11. Elementele constructive şi metrologe ale unui aparat de măsură pe principiul mecanic, de tip comparator:

1 — tijă palpatoare; *2* — mecanism pentru stabilirea forţei de măsurare; *3* — mecanism de amplificare; *4* — mecanism pentru înlăturarea cursei moarte (jocului); *5* — scara gradată; *6* — ac indicator.

Scanned with CamScanner

vul și ocularul fiecare format la rîndul său din grupări de elemente optice simple, lentilele. Funcția pe care o îndeplinește microscopul este de a face ca în locul unui obiect așezat în fața obiectivului să se observe prin ocular o imagine mărită de la 1,5 ori pînă la circa 2 000 ori (în cazul măsurătorilor de atelier).

Cel mai simplu aparat optic este lupa (fig. 12, *a*) care mărește cel mai puțin. Lupa este o lentilă cu cel puțin una din fețe convexă. La trecerea prin lentila de sticlă razele de lumină, conform legii refracției, suferă o deviație care le apropie de normala la suprafață. În cazul lentilei sferice *normala este chiar raza sferei*. De aici rezultă proprietățile și caracteristicile următoare ale lupelor:

— toate razele paralele cu axa XX', *axa optică a lentilei*, se adună, după trecerea prin lentilă, într-un punct al axei numit *focar*, invers toate razele plecate din focar la ieșire din lentilă sînt paralele cu axa XX'. Proprietatea este valabilă pentru ambele fețe ale lentilei și ca urmare orice lentilă are două focare F și F'. Distanțele f și f' se numesc distanțe focale;

— unui obiect AB așezat între focar și lentilă îi corespunde o imagine $A'B'$ directă, situată de aceeași parte a lentilei cu obiectul respectiv și mărită de un număr de ori egal cu *grosismentul lentilei*.

Microscoapele au sisteme optice cu imagine multiplă mărită de un număr de ori egal cu produsul dintre mărirea obiectivului și grosismentul ocularului numit grosismentul microscopului.

Proprietățile microscoapelor simple, lupe, rămîn valabile și pentru microscoapele cu imagine multiplă cu diferența că din cauza poziției obiectului imaginea este inversă. Astfel, în fig. 12, *b* obiectului CD îi corespunde prima imagine $C'D'$ inversă dată de obiectivul *3*. Această imagine este obiect așezat între focar și lentilă, pentru ocularul *4*. Imaginea $C''D''$, directă față de $C'D'$ și inversă față de obiectul propriu-zis CD, este imaginea dată de microscop.

Elementele descrise care servesc la formarea imaginii constituie partea de observare a aparatelor optice sau optico-mecanice. Pentru ca aparatele optice să poată fi întrebuințate la măsurări trebuie completate cu elemente metrologice. Elementele metrologice sînt scări de măsurare așezate în același plan și paralel cu dimensiunea de măsurat sau ocular de măsurare.

Scanned with CamScanner

Forța cu care organul sau elementul de contact al aparatului apasă asupra suprafeței piesei de măsurat se numește *forță de măsurare*. Aceasta este bine să aibă o valoare cît mai constantă și să nu depindă de cel care efectuează măsurarea. Stabilizarea forței de măsurare se obține printr-un mecanism potrivit.

De cele mai multe ori deplasarea elementului de palpare este mică, astfel că pentru a se putea obține deplasări convenabile ale elementului indicator este necesar un mecanism sau pentru aparatele fără contact un sistem de amplificare.

Înlăturarea cursei moarte a angrenajelor sau a părților care se deplasează se face cu ajutorul unui mecanism de luare a jocului.

La aparatele cu palpator mișcarea de la elementul de palpare se transmite prin mecanismul de amplificare la elementul sau acul indicator.

În fig. 11 sînt indicate elementele constructive și metrologice ale unui aparat construit pe principiul mecanic, de tip comparator, iar în, fig. 12, schema și elementele aparatelor construite pe principiul optic.

Aparatele construite pe principiul optic sînt de mai multe tipuri. Cele mai obișnuite însă sînt de tipul microscop. Elementele principale ale microscopului sînt obiecti-

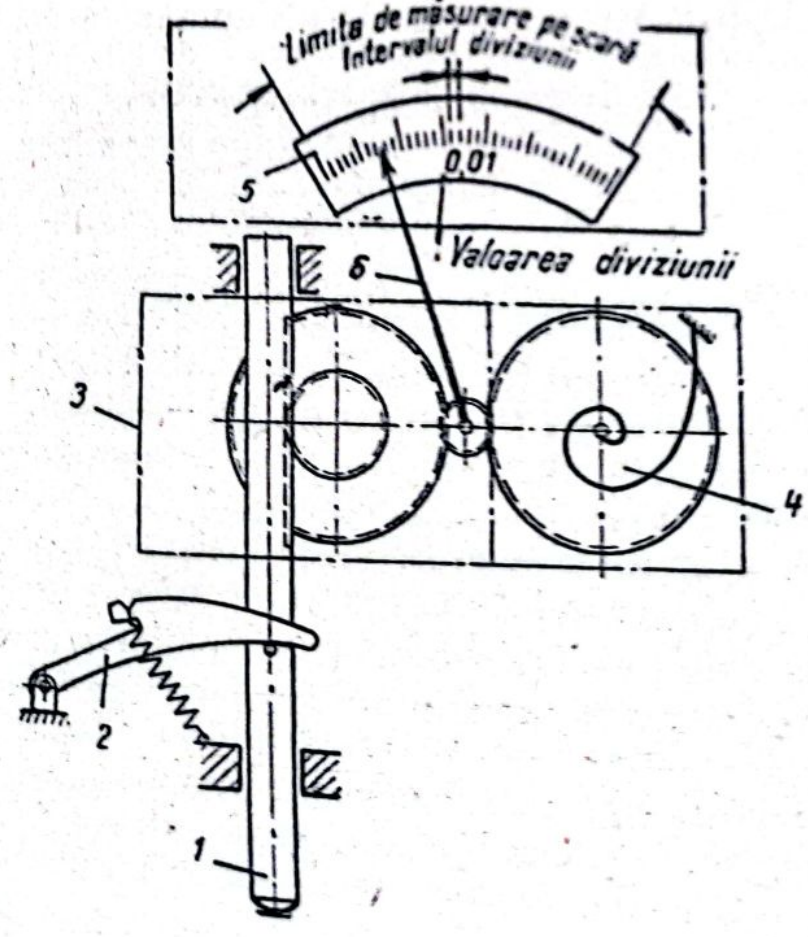


Fig. 11. Elementele constructive și metrologe ale unui aparat de măsură pe principiul mecanic, de tip comparator:

1 — tijă palpatoare; *2* — mecanism pentru stabilirea forței de măsurare; *3* — mecanism de amplificare; *4* — mecanism pentru înlăturarea cursei moarte (jocului); *5* — scară gradată; *6* — ac indicator.

Scanned with CamScanner

vul și ocularul fiecare format la rîndul său din grupări de elemente optice simple, lentilele. Funcția pe care o îndeplinește microscopul este de a face ca în locul unui obiect așezat în fața obiectivului să se observe prin ocular o imagine mărită de la 1,5 ori pînă la circa 2 000 ori (în cazul măsurătorilor de atelier).

Cel mai simplu aparat optic este lupa (fig. 12, *a*) care mărește cel mai puțin. Lupa este o lentilă cu cel puțin una din fețe convexă. La trecerea prin lentila de sticlă razele de lumină, conform legii refracției, suferă o deviație care le apropie de normala la suprafață. În cazul lentilei sferice *normala este chiar raza sferei*. De aici rezultă proprietățile și caracteristicile următoare ale lupelor:

— toate razele paralele cu axa XX', *axa optică a lentilei*, se adună, după trecerea prin lentilă, într-un punct al axei numit *focar*, invers toate razele plecate din focar la ieșire din lentilă sînt paralele cu axa XX'. Proprietatea este valabilă pentru ambele fețe ale lentilei și ca urmare orice lentilă are două focare F și F'. Distanțele f și f' se numesc distanțe focale;

— unui obiect AB așezat între focar și lentilă îi corespunde o imagine $A'B'$ directă, situată de aceeași parte a lentilei cu obiectul respectiv și mărită de un număr de ori egal cu *grosismentul lentilei*.

Microscoapele au sisteme optice cu imagine multiplă mărită de un număr de ori egal cu produsul dintre mărirea obiectivului și grosismentul ocularului numit grosismentul microscopului.

Proprietățile microscoapelor simple, lupe, rămîn valabile și pentru microscoapele cu imagine multiplă cu diferența că din cauza poziției obiectului imaginea este inversă. Astfel, în fig. 12, *b* obiectului CD îi corespunde prima imagine $C'D'$ inversă dată de obiectivul *3*. Această imagine este obiect așezat între focar și lentilă, pentru ocularul *4*. Imaginea $C''D''$, directă față de $C'D'$ și inversă față de obiectul propriu-zis CD, este imaginea dată de microscop.

Elementele descrise care servesc la formarea imaginii constituie partea de observare a aparatelor optice sau optico-mecanice. Pentru ca aparatele optice să poată fi întrebuințate la măsurări trebuie completate cu elemente metrologice. Elementele metrologice sînt scări de măsurare așezate în același plan și paralel cu dimensiunea de măsurat sau oculare de măsurare.

Scanned with CamScanner

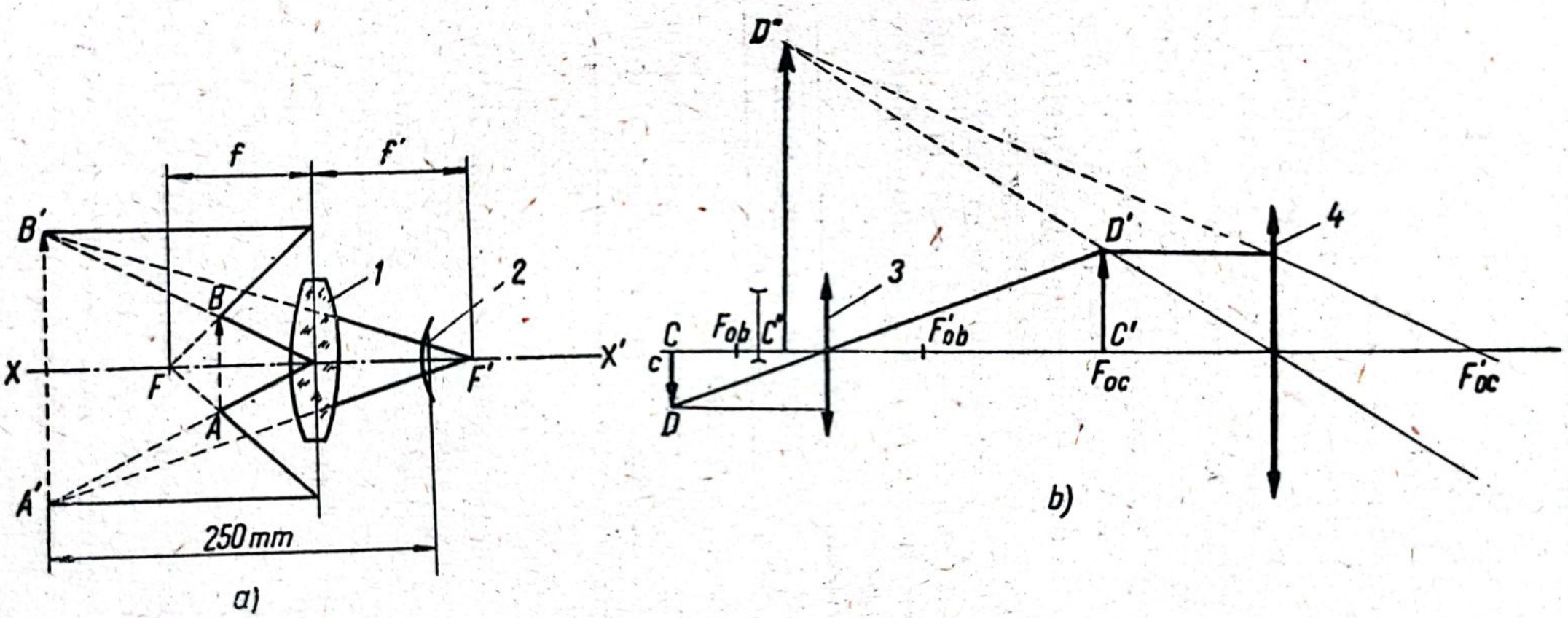


Fig. 12. Schema și elementele aparatelor de măsură optice:
a — imaginea într-o lupă; *b* — imaginea într-un microscop; *1* — lupă; *2* — ochiul observatorului; *3* — obiectiv; *4* — ocular.

Scanned with CamScanner

Ca elemente constructive auxiliare pentru lungirea sau pentru devierea drumului optic — drumul razelor luminoase — ca şi pentru inversarea imaginii, aparatele optice şi optico-mecanice folosesc oglinzi şi prisme.

Potrivit legii reflexiei razele luminoase numite *incidente*, care cad dintr-o direcţie oarecare *AO* pe o suprafaţă oglindă *SOS'* (fig. 13), se reflectă într-o direcţie *OB* ca raze reflectate făcînd cu normala *NO* la suprafaţa oglinzii un unghi α egal cu unghiul *de incidenţă*.

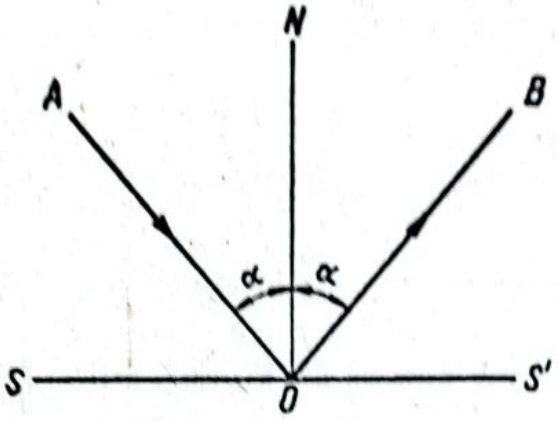


Fig. 13. Reflexia razelor luminoase pe o oglindă plană.

Potrivit legii refracţiei razele luminoase care trec dintr-un mediu mai puţin dens (aerul) în altul mai dens (sticla) suferă o deviaţie către normala la suprafaţa de separare a celor două medii. Invers, la trecerea din sticlă în aer razele se depărtează de normală. De obicei unghiul de incidenţă α este mai mare decît unghiul de refracţie β la trecerea din mediul mai puţin dens în mediul mai dens (fig. 14).

Dacă unghiul β la ieşirea din sticlă creşte, raza incidentă cade din ce în ce mai înclinat pe suprafaţă, iar unghiul α atinge la un moment dat valoarea de 90°. În cazul cînd unghiul β depăşeşte această valoare limită raza nu mai poate ieşi din sticlă în aer şi se întoarce înapoi în sticlă respectînd legea reflexiei. Valoarea aceasta limită a lui β este cuprinsă între 38° şi 41° pentru diferite sorturi de sticlă folosite la construirea aparatelor optice, iar fenomenul acesta se numeşte *reflexie totală*. În fig. 15 este reprezentată o prismă triunghiulară din sticlă. Pe suprafaţa *BC* a prismei (linia întreruptă), razele incidente căzînd sub un unghi de 45° suferă o reflexie totală către suprafaţa *AC*. Pe suprafaţa *AC* razele căzînd sub un unghi β mai

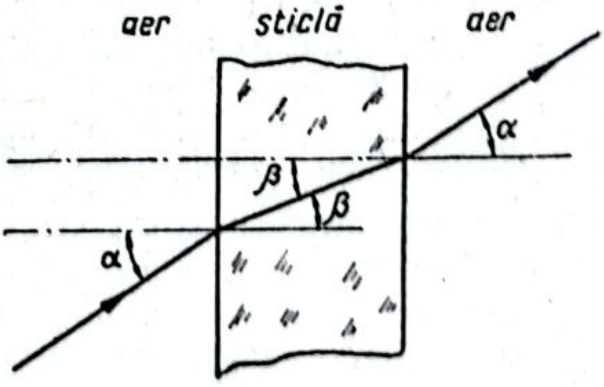


Fig. 14. Refracţia razelor luminoase la trecerea printr-o lamă de sticlă plan-paralelă.

Scanned with CamScanner

mic de 38° ar trebui să sufere o refracție, ieșind în aer cu depărtare de normală, paralele cu OR. Pentru a împiedica aceasta, suprafața AC a fost argintată, deci transformată în oglindă care reflectă obișnuit razele către suprafața AB.

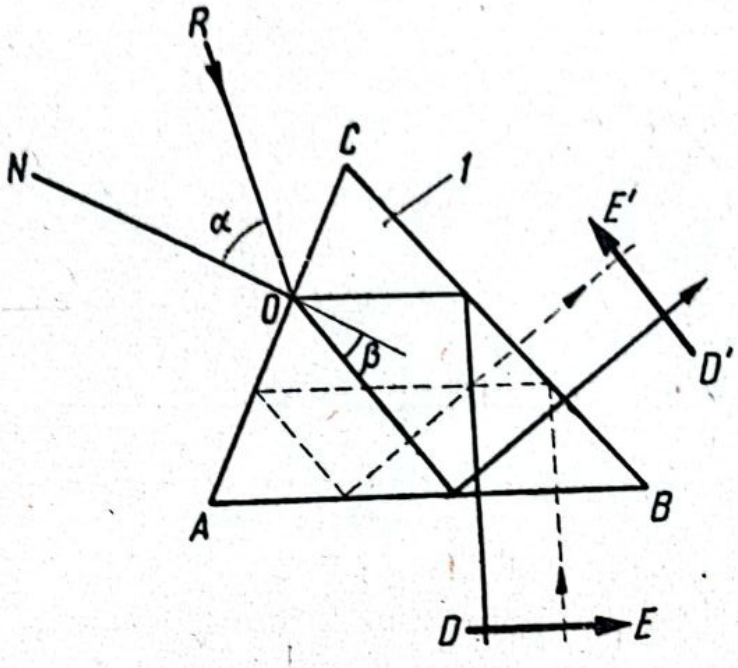


Fig. 15. Drumul razelor într-o prismă.

După o nouă reflexie totală pe suprafața AB razele cad perpendicular pe suprafața BC ieșind fără deviație în aer. A avut loc în total o lungire a drumului optic și o inversare a imaginii obiectului DE care a devenit $D'E'$.

Un ultim fenomen, foarte întrebuințat în măsurări de lungimi de ordinul micronilor, legat de natura ondulatorie a luminii, este *fenomenul de interferență*. Lumina, ca și sunetul, se propagă prin unde, asemănătoare celor care iau naștere la suprafața unei ape în care a căzut o piatră. O secțiune perpendiculară pe suprafața apei ondulate sau a undei luminoase are forma curbei reprezentată în figura 16, *a*. Înălțimea a a curbei se numește *amplitudine*, iar distanța λ se numește *lungime de undă*. Cînd două unde luminoase *1* și *2* (fig. 16, *b*) în aceeași fază au ca rezultat o undă mai puternic luminoasă avînd o amplitudine egală cu suma celor două amplitudini. Cînd două unde *3* și *4* (fig. 16, *c*), sînt în faze opuse și au amplitudini egale cele două raze se suprapun (se obține întuneric). Cele două raze care se compun se zice că interferă, iar fenomenul se numește *interferență*.

Printr-un mijloc oarecare o rază AB se poate descompune, așa cum este reprezentat în fig. 17, cu ajutorul unei suprafețe SS', semioglindită, în raza reflectată BC și raza refractată $BDEF$, rază care mai suferă și o reflexie pe supra-

Scanned with CamScanner

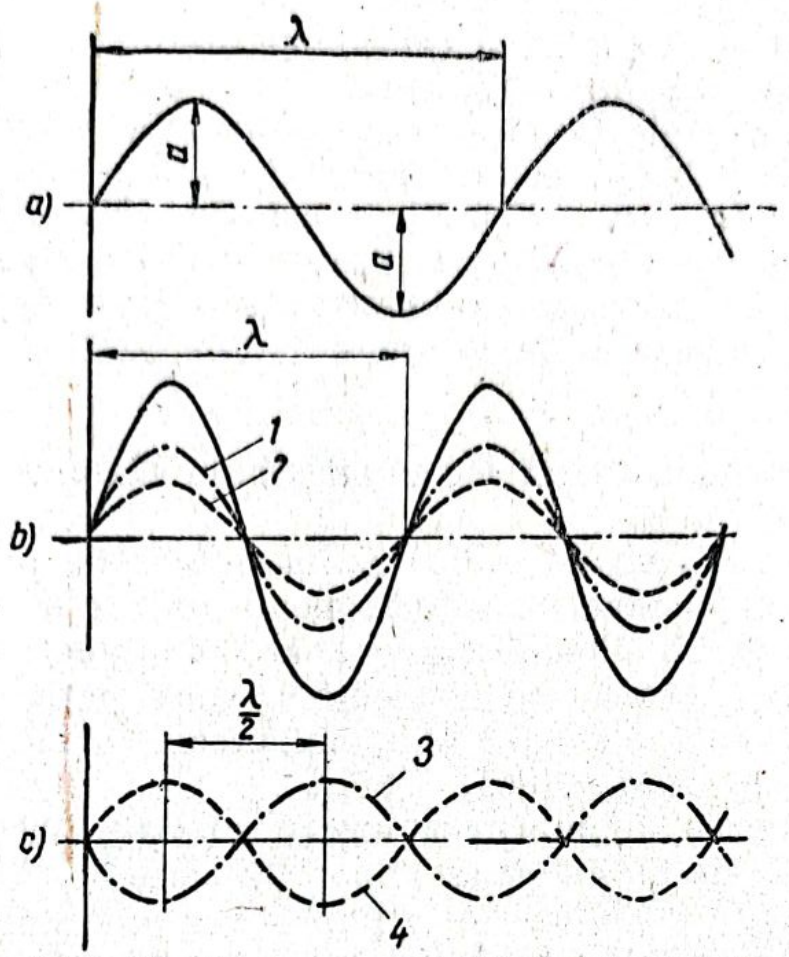


Fig. 16. Propagarea undelor luminoase:
a — forma curbei de propagare a undelor; *b* — interferența a două unde în aceeași fază, lumină maximă; *c* — interferența a două unde în opoziție de fază, extincție (întuneric).

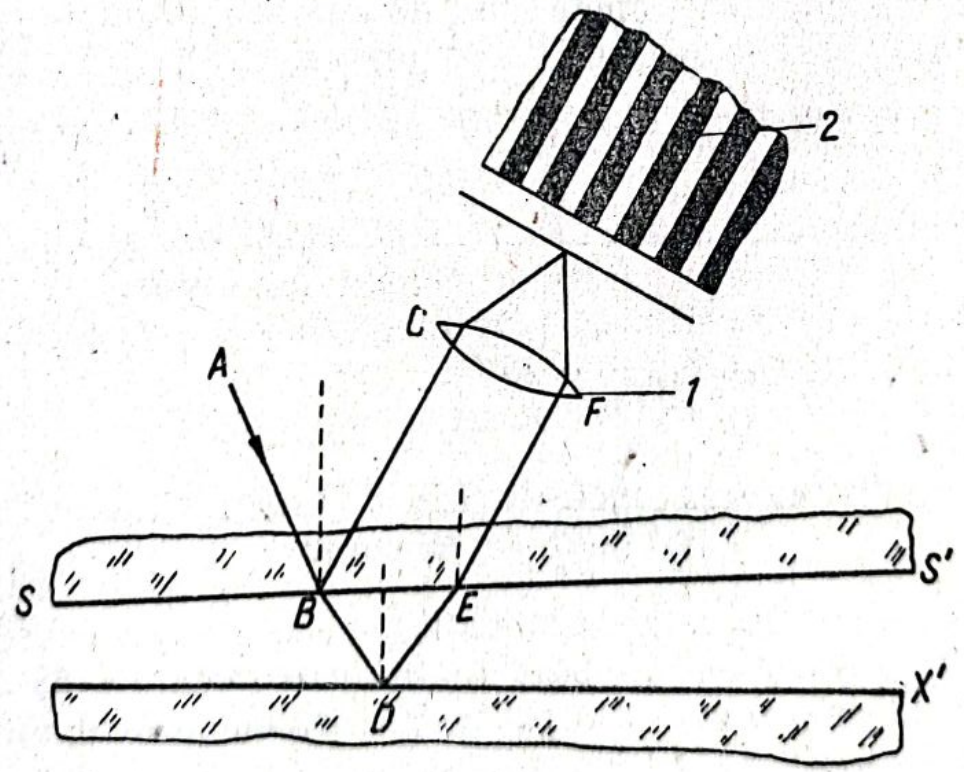


Fig. 17. Benzile de interferență formate la o pană optică de aer:
1 — lentilă; *2* — benzile de interferență.

Scanned with CamScanner

fața oglindită XX'. Dacă cele două suprafețe SS' și XX' formează între ele un unghi foarte mic, pana optică de aer cuprinsă între ele face ca razele provenite din descompunerea fasciculului paralel cu raza AB să aibă drumuri optice diferite pentru care diferențele corespunzătoare porțiunii BDE să crească continuu. În aceste condiții undele luminoase în fază alternează cu benzi întunecoase de extincție. Acestea sînt benzile de interferență.

2.3. Precizia aparatelor de măsurare. Clase de precizie

Calitatea instrumentelor și aparatelor de măsurare se apreciază după precizia care se poate obține la măsurările executate cu ele. Precizia unui aparat depinde de calitatea executării și întreținerii elementelor constructive și metrologice. Un aparat este cu atît mai precis cu cît eroarea sa relativă[1]) este mai redusă.

În funcție de mărimea erorii relative, instrumentele și aparatele de măsurare se împart în clase de precizie. Cea mai obișnuită clasificare este împărțirea aparatelor în cinci clase de precizie. Erorile maxime admisibile pentru fiecare clasă se exprimă în sutimi din limita domeniului de măsurare al scării aparatului. Aceste erori pot fi pozitive sau negative. Pentru cele cinci clase de aparate amintite erorile relative și clasele respective de precizie sînt:

eroare relativă, %	± 0,2;	± 0,5;	± 1;	± 1,5;	± 2,5
clasa de precizie a aparatului	0,2;	0,5;	1;	1,5;	2,5

Primele două clase de precizie, clasa 0,2 și clasa 0,5, aparțin în general aparatelor pentru laborator.

Toate observațiile cu privire la clasele de precizie sînt valabile la temperatura de 20°C.

2.4. Verificarea metrologică a instrumentelor și aparatelor de măsurare

Direcția Generală de Metrologie (D.G.M.) supune obligatoriu verificărilor de Stat toate instrumentele și aparatele de măsurare care fac parte din nomenclatorul întocmit

---

[1]) Raportul dintre eroarea absolută de măsurare și valoarea pe care o are mărimea măsurată.

Scanned with CamScanner

în acest scop. Ansamblul operațiilor prin care se asigură exactitatea și uniformitatea măsurilor și a aparatelor de măsurare în scopul transmiterii unităților legale de măsură de la etalonul de stat la măsurile și aparatele de măsurare supuse verificărilor constituie „verificările de Stat". Aceste verificări se execută prima dată înainte de darea în funcțiune și, ulterior, periodic în exploatare. Aparatele corespunzătoare sînt poansonate cu marca de verificare, care se aplică de către organele D.G.M.

Termenele verificărilor obligatorii sînt variabile după importanța aparatului, variind de la un an, pentru rigle și cale, pînă la trei ani, pentru măsuri model de precizie. În perioadele dintre verificările obligatorii, serviciile metrologice sau metrologii uzinelor sînt obligați să asigure supravegherea metrologică răspunzînd de: respectarea unităților legale de măsură în întreprindere; exactitatea, bună starea și folosirea corectă a tuturor mijloacelor de măsurare; întocmirea și respectarea schemelor de verificări obligatorii; urmărirea completării cu aparate de măsurare a tuturor locurilor de muncă prin întreținere, reparare și achiziționare; executarea la termen a verificărilor interne și de stat.

Schema de verificare este un document în care se trec toate tipurile de aparate de măsurare ale întreprinderii, în ordinea de transmitere a unității de măsură de la măsurile sau aparatele fundamentale la piesa de măsurat, de-a lungul întregului proces tehnologic. Acesta se întocmește de către metrologul șef al întreprinderii după stabilirea de către serviciile tehnice a tuturor măsurilor ce trebuie luate pentru asigurarea calității produselor de la intrarea materiei prime în magazia întreprinderii pînă la livrarea fabricatelor.

Instrumentele și aparatele găsite necorespunzătoare la verificarea metrologică sînt supuse după caz: reetalonării, recondiționării sau reparării. Aparatele reparate și recondiționate se marchează în același mod într-o clasă de precizie dublă ca valoare celei inițiale; de exemplu, clasa 1,5 devine clasa 3 putînd avea întrebuințarea corespunzătoare clasei respective.

Scanned with CamScanner

III. Instrumente şi aparate de măsurare a lungimilor

Lungimea este una dintre cele trei mărimi pentru care unitatea se bazează pe sistemele absolute ale unităţilor de măsură. Măsurările tehnice de lungime în construcţia de maşini s-au bazat la începutul dezvoltării lor, în special, pe întrebuinţarea calibrelor. Astăzi, executarea sau verificarea pieselor la locurile de lucru sau la punctele de control se face conform unui plan de operaţii sau unei documentaţii de lucru care în raport cu mărimea seriei şi cu precizia cerută în executarea dimensiunilor liniare indică instrumentul sau aparatul de verificare sau de măsurare care trebuie folosit. Controlarea corespondenţei dintre dimensiunile efective şi cele nominale cu ajutorul calibrelor, în limita toleranţelor prescrise, se numeşte *verificare*, iar instrumentele corespunzătoare de verificare sînt calibrele. Aflarea dimensiunilor efective ale piesei se numeşte *măsurare*, iar instrumentele şi aparatele corespunzătoare se numesc instrumente şi aparate de măsurare.

3.1. Calibre, şabloane, lere

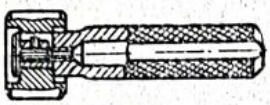
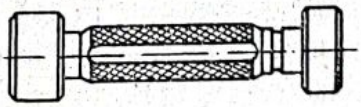
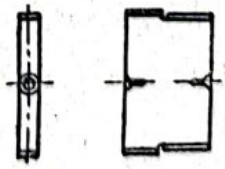
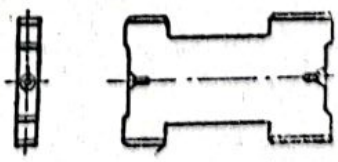
Calibrele sînt de fapt instrumente de măsurare fără scară gradată. Ele sînt destinate să limiteze abaterile dimensiunilor, formei şi poziţiei relative a pieselor, la cele maxime admisibile, din care cauză sînt denumite calibre limitative. Aceasta spre deosebire de calibrele normale care corespund dimensiunilor nominale şi care se întrebuinţează destul de rar.

După destinaţia lor calibrele limitative pot fi: pentru alezaje, pentru arbori, pentru distanţe dintre axe, pentru coaxialitate, calibre plate sau şabloane, calibre de formă sau lere şi calibre speciale.

Calibrele limitative pentru alezaje şi pentru arbori au două părţi: „trece" (T) şi „nu trece" (NT). Suprafeţele lor de măsurare sînt tratate termic, călite, pentru a li se mări rezistenţa la uzură şi lepuite, din care cauză sînt numite *calibre netede* (tabela 7). Independent de forma lor partea

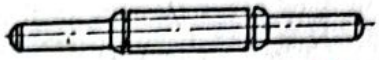
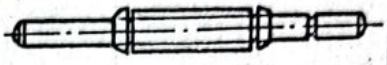
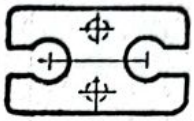
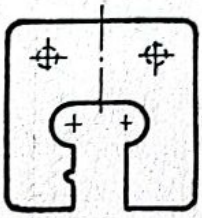
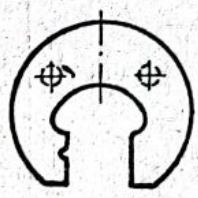
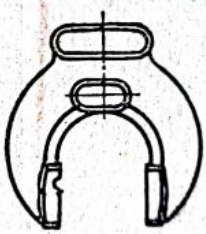
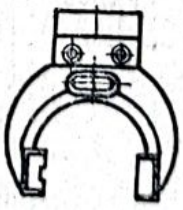
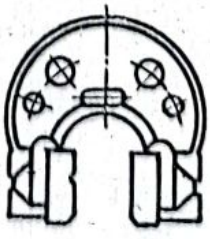
Scanned with CamScanner

Calibre netede pentru alezaje și pentru arbori

Denumirea și destinația	Schița	Limite de măsurare mm
I. Calibre netede fixe pentru alezaje		
1. Calibre tampon obișnuit (STAS 2981-52)		
a) simple „trece“		1—50
b) simple „nu trece“		1—50
c) simple „trece“ și „nu trece“		6—50
d) duble „trece“ și „nu trece“		1—60
2. Calibre tampon cu șurub de fixare, (STAS 3433-52)		
a) simple „trece“		30—100
b) simple „nu trece“		30—100
c) simple „trece“ și „nu trece“		30—100
3. Calibre tampon plat (STAS 3633-53)		
a) simple „trece“ și „nu trece“		50—310
b) duble „trece“ și „nu trece“		18—100

Scanned with CamScanner

TABELA 7 (continuare)

Denumirea și destinația	Schița	Limite de măsurare mm
4. Calibre vergea cu capete sferice (STAS 3634-53)		
a) „trece“		260—1 000
b) „nu trece“		80—1 000
II. Calibre netede fixe pentru arbori		
1. Calibre plate (STAS 2991-52)		1—50
a) furcă dublă „trece“ și „nu trece“		1—80
b) furcă simplă „trece“ și „nu trece“		1—180
c) potcoavă simplă „trece“ și „nu trece“		
2. Matrițate (turnate) — (STAS 3507-52)		
a) potcoavă „trece“ și „nu trece“		3—50
b) potcoavă cu mîner „trece“ și „nu trece“		50—180
c) potcoavă cu plăci aplicate „trece“ și „nu trece“		100—310

Scanned with CamScanner

„trece“ trebuie să treacă ușor, fără apăsare, numai sub greutatea proprie a calibrului, iar partea „nu trece“ trebuie să nu treacă, ci cel mult să apuce. Partea „trece“ a calibrelor pentru alezaje se execută suficient de lungă față de lungimea totală a alezajului pentru a asigura contactul pe toată lungimea alezajului. Partea „trece“ și partea „nu trece“ se pot așeza fie în continuare una după alta fie una de o parte și alta de cealaltă.

Pentru cilindri cu pereți subțiri se folosesc, în locul potcoavelor, calibre inelare netede.

Marcarea calibrelor pentru diametre se face cu specificarea cotei nominale și a simbolului sau a abaterii limită.

Clasificarea dată în tabela 7 nu este absolută. În literatură sau în normele de uzină se întîlnesc și alte forme de calibre. De asemenea, întrebuințarea calibrelor pentru alezaje și pentru arbori nu se limitează numai la verificarea diametrelor.

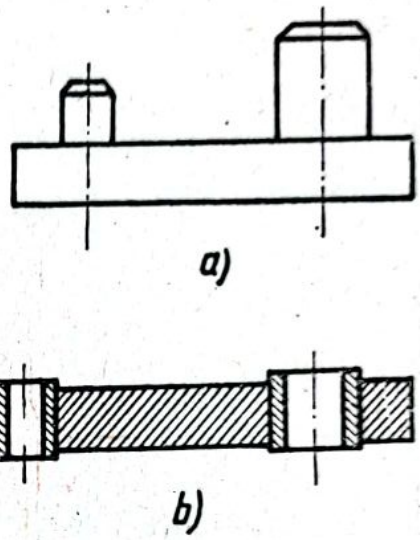


Fig. 18. Calibre pentru verificarea distanței dintre axe: *a* — pentru alezaje; *b* — pentru arbori.

În fig. 18 sînt arătate două calibre pentru verificarea distanței dintre axe, iar în fig. 19, două calibre plate (șabloane) pentru verificarea coaxialității.

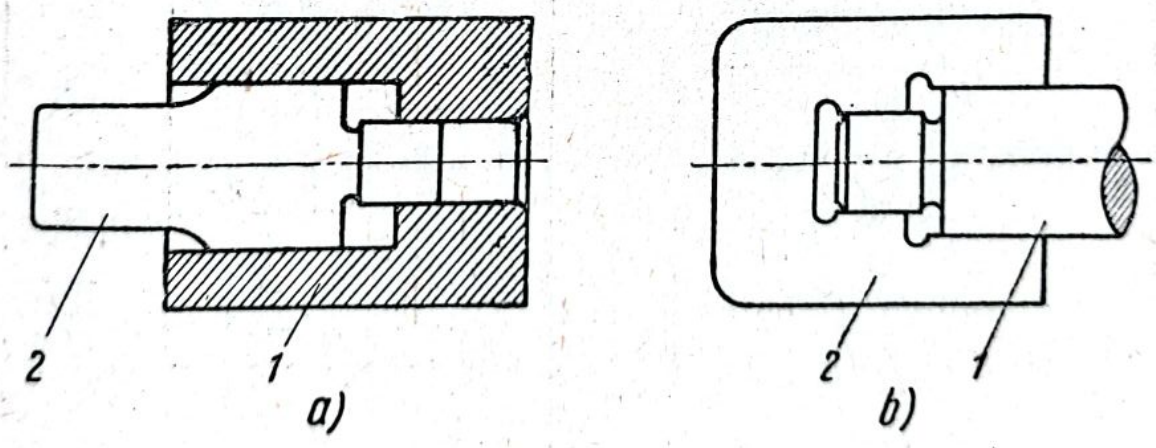
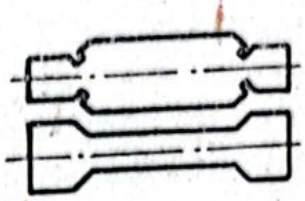
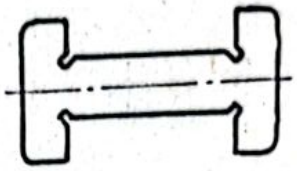
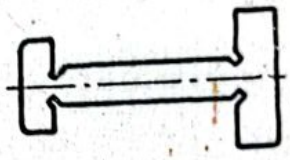
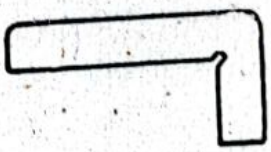
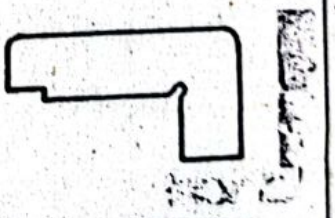
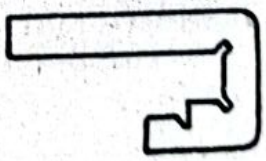
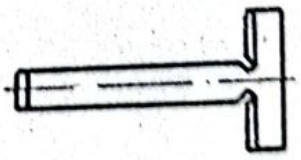
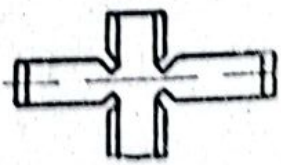


Fig. 19. Calibre pentru verificarea coaxialității: *a* — pentru alezaje; *b* — pentru arbori; *1* — piesă de verificat; *2* — șablon.

Pentru produse fabricate în serie mare sînt foarte economice calibrele plate (șabloane), indicate în tabela 8.

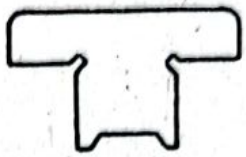
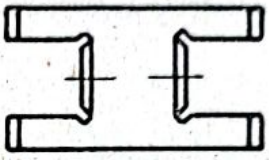
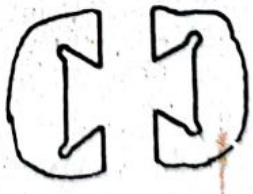
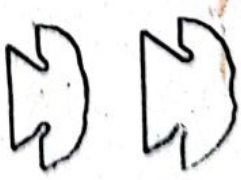
Scanned with CamScanner

Calibre plate (şabloane)

Destinaţia	Schiţa	Simbolul
1. Pentru caneluri		S_1
2. Pentru lungimi		S_2
3. Cu braţe neegale pentru înălţimi, grosimi		S_3
4. Cu toleranţă marcată prin repere, pentru lungimi		S_4
5. Cu degajare, pentru lungimi		S_5
6. Pentru înălţimi, grosimi		S_6
7. Pentru praguri exterioare		S_7
8. Pentru adîncimi		S_8

Scanned with CamScanner

TABELA 8 (continuare)

Destinaţia	Schiţa	Simbolul
9. Pentru praguri interioare		S_9
10. Pentru înălţimea umerilor		S_{10}
11. Pentru înălţimi		S_{11}
12. Pentru înălţimi		S_{12}
13. Furcă pentru coadă de rîndunică		KR_0
14. Pană pentru coadă de rîndunică		KR_1

Scanned with CamScanner

Pentru măsurarea grosimii tablelor sau a sîrmelor se folosesc calibrele sau lerele cu formă circulară fig. 20, executate din tablă de 2 mm grosime și prevăzute cu o serie de găuri sau de crestături calibrate de diametre sau lățimi indi-

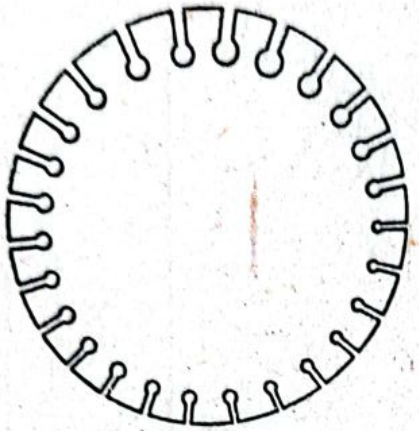


Fig. 20. Calibre (lere) pentru măsurarea tablelor sau sîrmelor.

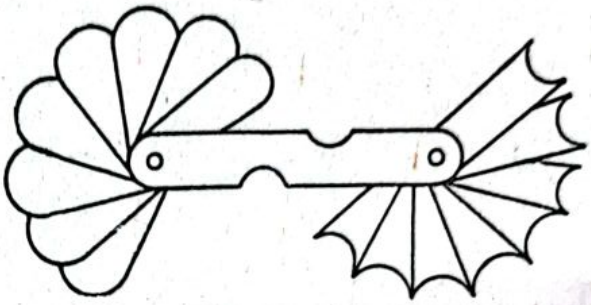


Fig. 21. Calibre (lere) de formă pentru raze.

cate prin numere imprimate. Ele sînt nestandardizate și au o precizie de fabricație scăzută, de ordinul zecimilor de milimetru nefiind rectificate după tratamentul termic.

Pentru măsurarea racordărilor concave și convexe, se folosesc calibrele sau lerele de formă, care se prezintă sub formă de lame subțiri cu unul din capete prinse în pachet și cu capătul de măsurare, prelucrat la raza respectivă, liber (fig. 21).

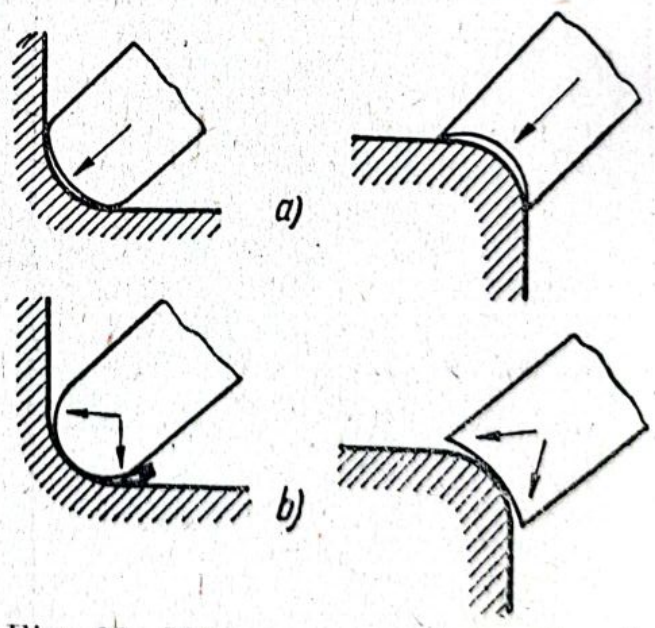


Fig. 22. Măsurarea cu ajutorul calibrelor pentru raze.

Măsurarea se face prin așezarea succesivă a unei serii de lere, apropiate de raza căutată, și apoi observarea fantei de lumină între cele două corpuri în contact. În momentul în care pentru o leră fanta apare central (fig. 22, *a*), iar pentru următoarea, lateral (fig. 22, *b*), raza de măsurat are dimensiunea cuprinsă între razele ultimelor două lere.

Scanned with CamScanner

3.2. Măsuri terminale. Cale și sonde (spioni)

Se numește măsură de *lungime terminală*, acea măsură de lungime a cărei mărime este reprezentată prin distanța dintre suprafețele de măsurare. Suprafețele pentru măsurare sînt cele două suprafețe terminale, perpendiculare pe axa măsurii, care iau parte direct la măsurare, de exemplu calele plan-paralele, calibrele.

Calele plan-paralele sînt măsuri terminale, executate din oțel aliat călit la duritatea de cel puțin 62 *HRC*. Ele au forma paralelipipedică, două dintre fețele opuse paralele fiind fețele de măsurare. Fețele de măsurare ale calelor sînt perfect plane, paralele și bine lustruite, astfel încît la o alunecare cu o ușoară apăsare a suprafețelor de măsurare ale celor două cale una peste cealaltă, aderă strîns între ele, formînd așa-numitul bloc de cale (fig. 23).

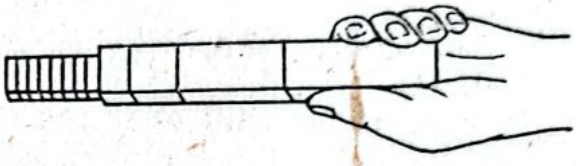


Fig. 23. Bloc de cale plan-paralele.

Lungimea nominală a calei în milimetri se înscrie pe una din fețele calei. La calele cu lungimea L sub 5,5 mm, suprafețele de măsurare sînt cea superioară, *1*, care poartă inscripția, și opusa ei, *2* (fig. 24, *a*), iar la calele cu lungimea L peste 5,5 mm, suprafețele de măsurare așezate la dreapta și la stînga suprafeței care poartă inscripția (fig. 24, *b*) *3* și *4*. Celelalte două dimensiuni ale calelor plan-paralele sînt: pentru calele cu L sub 10 mm, 9×30 mm și pentru cele cu L peste 10 mm, 9×35 mm.

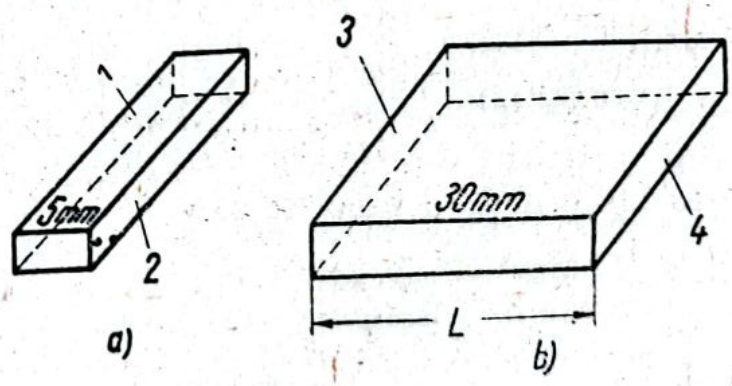


Fig. 24. Cale plan-paralele:
a — cu lungimea L sub 5,5 mm; *b* — cu lungimea L peste 5,5 mm.

Scanned with CamScanner

Dimensiunile calelor plan-paralele sînt standardizate prin STAS 2517-45, alese astfel încît pentru formarea unui bloc pentru o dimensiune dată, să fie necesară folosirea unui număr cît mai mic de cale:

— la dimensiunile între 1 şi 1,01 mm, din 0,001 în 0,001 mm (1,001; 1,002 etc.);
— la dimensiunile între 1 şi 1,5 mm, din 0,01 în 0,01 mm (1,01; 1,02 etc.);
— la dimensiunile între 0,3 şi 2 mm, din 0,1 în 0,1 mm (0,3; 0,4 etc.);
— la dimensiunile între 0,5 şi 10 mm, din 0,5 în 0,5 mm (0,5; 1 etc.);
— la dimensiunile între 10 şi 100 mm, din 10 în 10 mm (10; 20 etc.);
— la dimensiunile între 100 şi 200 mm, din 25 în 25 mm (100; 125 etc.);
— la dimensiunile între 50 şi 300 mm, din 50 în 50 mm (50; 100 etc.);
— la dimensiunile între 100 şi 1 000 mm, din 100 în 100 mm (100; 200 etc.).

În afara acestor trepte există şi treptele suplimentare, în microni, cuprinse între 0,99 şi 1 mm cum şi în sutimi de milimetru pentru dimensiuni cuprinse între 0,9 şi 1 mm.

Calele se aşază în truse mari, conţinînd 83 bucăţi, sau în truse mici, conţinînd 38 bucăţi, în afara cărora, în fiecare trusă cu dimensiuni pînă la 100 mm, sînt două cale de cîte 0,5 mm şi două de cîte 1 mm, care servesc la protejarea capetelor blocurilor.

Pentru formarea unui bloc de cale prin folosirea unui număr cît mai mic de cale se aleg întîi calele cu dimensiuni zecimale şi se scad din dimensiunea totală, ca în exemplul alăturat de formare a unui bloc de cale de 27,358 mm:

— dimensiunea blocului de cale .....27,358 mm;
— dimensiunea primei cale alese ..... 1,008 mm;
— dimensiunea rămasă .....26,35 mm;
— dimensiunea celei de a doua cale ..... 1,05 mm;
— dimensiunea rămasă .....25,3 mm;
— dimensiunea celei de a treia cale ..... 1,3 mm;
— dimensiunea rămasă .....24 mm;
— dimensiunea celei de a patra cale ..... 4 mm;
— dimensiunea celei de a cincea cale .....20 mm.

Prin STAS 2517-54 sînt stabilite cinci clase de cale plan-paralele, notate cu: 0, 1, 2, 3, 4, după precizia cu care sînt executate şi şase ordine, notate cu I, II, III, IV, V, VI, după

Scanned with CamScanner

precizia măsurărilor executate pentru certificarea lor. Clasele de precizie sînt determinate de abaterile admisibile ale dimensiunii mediane, adică de distanța dintre mijloacele fețelor de măsurare și abaterile de la paralelism ale fețelor de măsurare. Valorile acestor abateri variază între 0,1 μ pentru cale mici și 15 μ pentru cele de peste 1 000 mm. Erorile limită de măsurare la certificarea dimensiunii mediane și abaterile limită de la paralelism, conform aceluiași standard, variază de la 0,05 μ, pentru cale mici, pînă la 11 μ pentru cale de peste 1 000 mm.

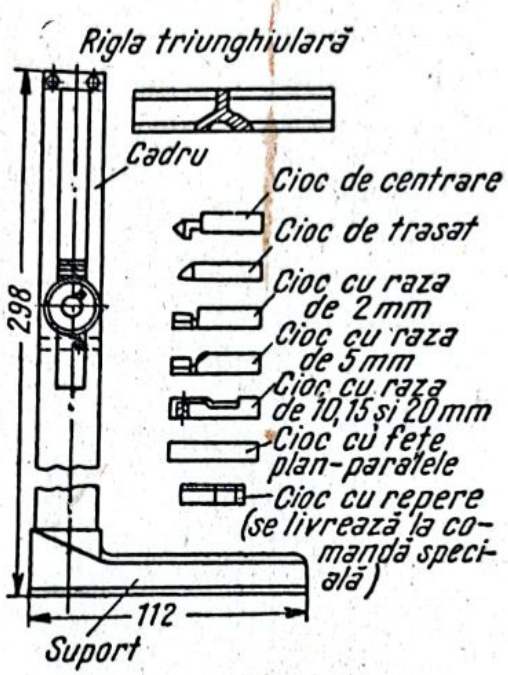


Fig. 25. Accesorii pentru cale.

Calele plan-paralele au întrebuințări multiple pentru verificări, măsurări, reglări, trasaj etc. Ele se pot folosi fie luate independent, fie împerecheate în formă de blocuri.

Pentru a se extinde posibilitățile de lucru cu calele plan-paralele și pentru folosirea corectă a lor, în uzinele constructoare de aparate pentru măsurări de lungimi se execută truse cu accesorii pentru cale (fig. 25). Accesoriile pentru cale se păstrează în cutii, împreună cu o riglă triunghiulară de precizie cu muchii active.

Pentru măsurări interioare se formează blocul de cale necesar, care, după diametrul alezajului de măsurat, se limitează cu două ciocuri *1*, și cu ajutorul șurubului *2* se strînge în suportul *3* (fig. 26, *a*).

Pentru trasare de cercuri se alcătuiește montajul din fig. 26, *b*, întrebuințîndu-se vîrful de centrare *4* pentru centru, vîrful *5* pentru trasare, blocul de cale cerut pentru raza respectivă și suportul cu șurub de reglare.

Pentru trasare de precizie pe plăci plane se întrebuințează blocul de cale necesar reprezentat în fig. 26, *c*, cu vîrful de trasare *6*, strîns în suportul *7* care se asamblează în unghi drept cu postamentul *8*.

Dacă se folosesc calele după „ordine", se consideră lungimea lor din certificatul de verificare. În cazul folosirii

Scanned with CamScanner

după clase de precizie se consideră lungimea lor nominală. În atelier se obișnuiește folosirea după clase de precizie, iar în laborator, după „ordine".

Calele plan-paralele se verifică periodic, la intervale de cel mult șase luni, iar cu ajutorul calelor verificate se verifică calibrele și celelalte instrumente și aparate de măsurare.

Pentru verificarea și certificarea aparatelor de măsurare se întrebuințează cale cilindrice speciale, cu dimensiuni

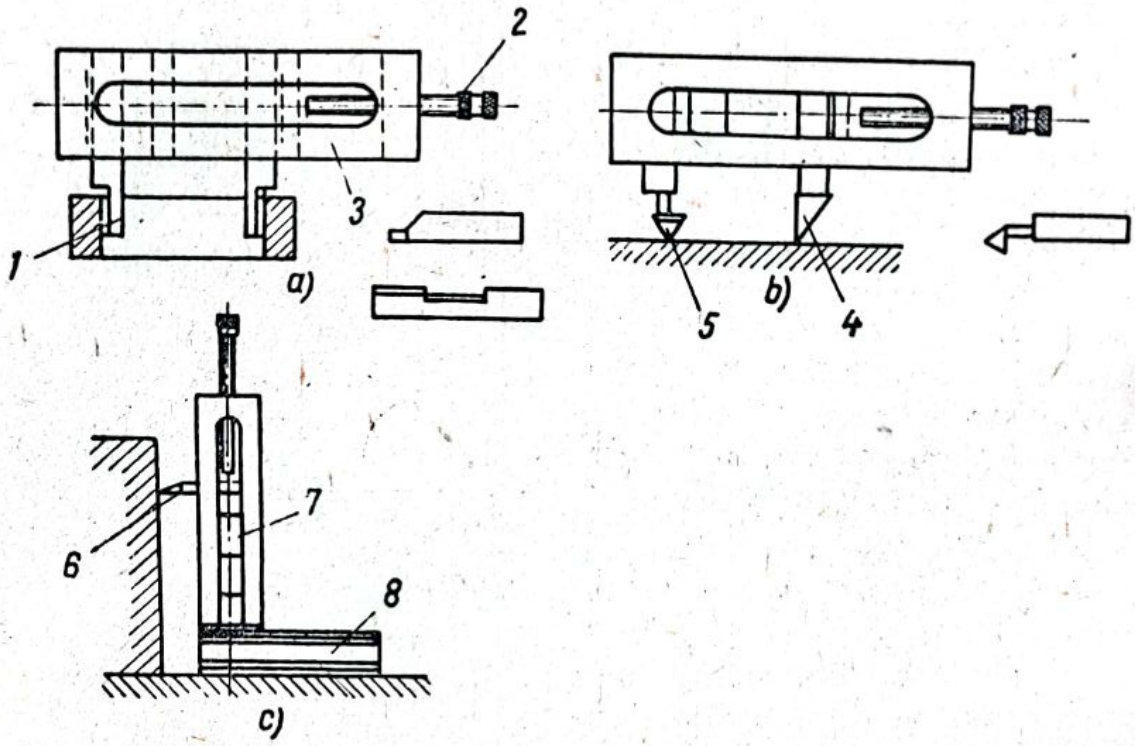


Fig. 26. Dispozitive accesorii pentru cale plan-paralele:
a — pentru măsurări interioare; *b* — pentru trasarea cercurilor; *c* — cu vîrf pentru trasare.

cuprinse între bazele care servesc drept fețe de măsurare, între 25 și 1 000 mm, din 25 în 25 mm.

Înainte de începerea măsurării sau a formării unui bloc de cale, suprafețele de măsurare ale calelor se spală cu benzină (neofalină) și se șterg ușor cu o cîrpă moale, bine uscată sau cu piele de căprioară.

Calele subțiri, denumite și sonde sau spioni, sînt lame de tablă cu diferite grosimi, calibrate și strînse în truse (fig. 27). Sondele (spioni) se execută din tablă de oțel de arc de calitate bună și calibrate prin laminare în trepte cu grosimea din sutime în sutime și din zecime în zecime de milimetru.

Conform instrucțiunilor 153-59 ale D.G.M., sondele tip GL-B-02 sînt lame metrologice rotunjite la capete,

Scanned with CamScanner

cu lungimea de 100 mm, cu suprafețe plane și paralele, asamblate în truse. Lamele *1* ale trusei sînt protejate de două lame mai groase, *2*, formînd o teacă prinsă la capete cu șuruburile *3*. La fiecare lamă este imprimată, pe mijlocul uneia din fețe, valoarea nominală a grosimii sondei respective.

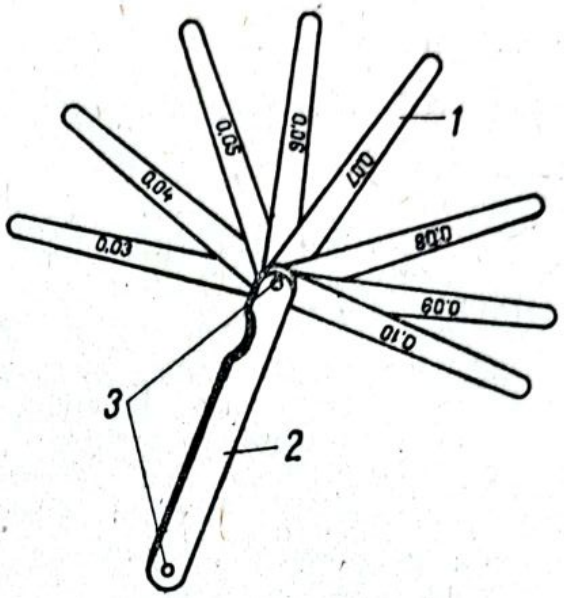


Fig. 27. Trusă de sonde (spioni).

Sondele tip GL-B-2 se execută în două clase de precizie, 1 și 2. Abaterile de la grosimea nominală nu trebuie să depășească valorile de la + 0,005 mm, respectiv + 0,008 mm, pentru dimensiunile nominale de 0,03—0,06 mm, primele, pentru clasa de precizie 1, și ultimele, pentru clasa de precizie 2, pînă la + 0,015 mm, respectiv + 0,025 mm, pentru dimensiunile nominale de 0,80 — 1,00 mm pentru clasele de precizie 1 și, respectiv, 2.

Utilizarea obișnuită a sondelor este măsurarea jocului dintre două suprafețe plane și paralele.

3.3. **Măsuri cu repere. Rigle**

Măsurile de lungime cu repere (STAS 2493-57) sînt măsurile ale căror mărimi sînt reprezentate prin distanța dintre două repere. Reperele sînt linii trasate perpendicular pe axa măsurii. Măsurile sînt cu valori unice, cînd au numai două repere, cum este prototipul național al metrului, sau cu valori multiple, cînd au mai multe repere. În ultima categorie sînt cuprinse: riglele rigide (STAS 2426-55) și flexibile, metrii flexibili și articulați, ruletele, nivelele etc.

Rigla metalică rigidă de măsurare, normală, cu secțiune pătrată, clasa de precizie 1, tip GL-A-2 (fig. 28), conform instrucțiunii D.G.M. nr. 149-59, se întrebuințează ca etalon pentru verificarea riglelor de lucru. Pe fața gradată *1* sînt trasate reperele scării perpendicular pe muchia de măsurare *2*.

Scanned with CamScanner

Limita superioară de măsurare poate fi: 500, 1 000, 2 000 mm, valoarea unei diviziuni fiind de 1 mm.

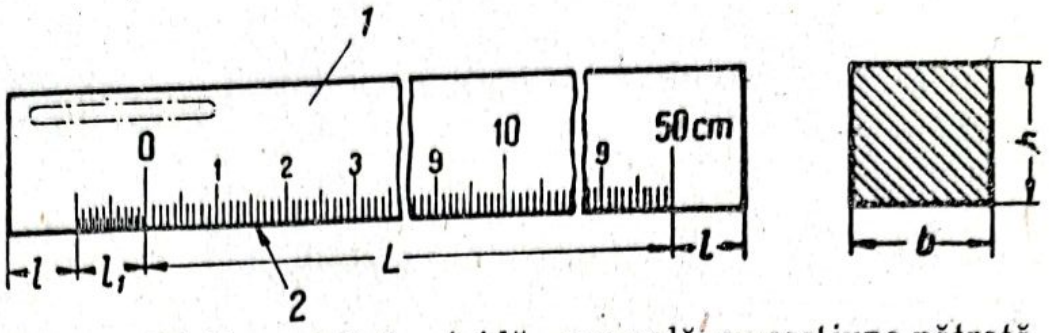


Fig. 28. Riglă metalică, rigidă, normală cu secțiune pătrată.

Scara gradată are cinci categorii de repere:

— corespunzătoare decimetrilor, numerotate cu 0, 10, 20,... L;
— corespunzătoare centimetrilor, numerotate cu 1, 2,...,9;
— corespunzătoare jumătăților de centimetru nenumerotate;
— reperele de 1 mm nenumerotate;
— repere corespunzătoare jumătăților de milimetru.

Grosimea reperelor este de 0,04—0,07 mm, diferențele dintre grosimea reperelor aceleiași rigle fiind sub 0,02 mm.

Rigla metalică, rigidă de măsurare, cu secțiune dreptunghiulară, clasa de precizie, 1, tip GL-A-22 (fig. 29, *a*)

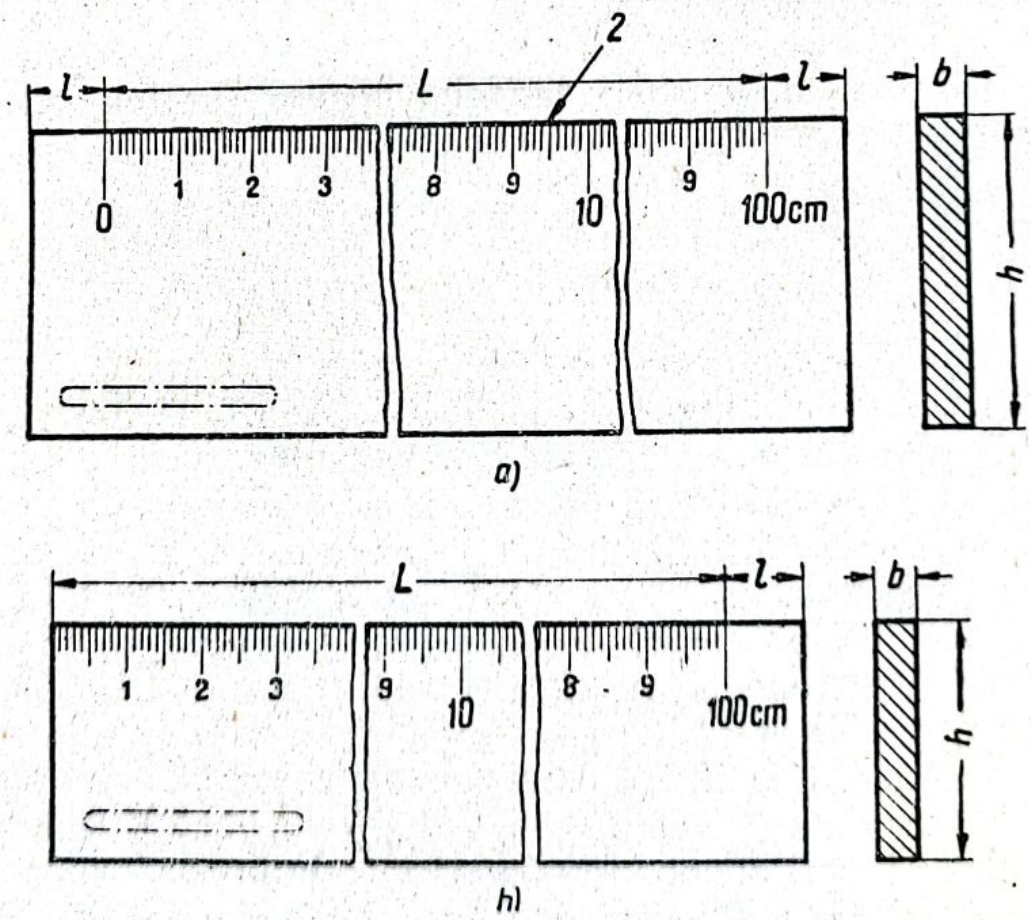


Fig. 29. Riglă metalică, rigidă, normală cu secțiune dreptunghiulară: *a* — clasa de precizie 1; *b* — clasa de precizie 2.

Scanned with CamScanner

și după clasa de precizie 2 (fig. 29, *b*), conform instrucțiunii D.G.M. 150-59, se utilizează la măsurarea lungimilor și la trasare. Limita de măsurare L este de: 500, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000, 4 000 sau 5 000 mm, valoarea diviziunii fiind de 1 mm.

Scara este gradată, asemănător cu cea a riglei cu secțiune pătrată, însă fără reperele care corespund jumătăților de milimetru, are grosimea reperelor uniformă și egală cu: 0,07—0,1 mm la riglele după clasa 2 de precizie și 0,07—0,15 mm la riglele după clasa 3 de precizie, diferența dintre grosimile reperelor aceleiași rigle fiind sub 0,02 mm. Limita superioară de măsurare poate fi: 500 mm, 1 000 mm, 1 500 mm, 2 000 mm, 3 000 mm, 4 000 mm, 5 000 mm.

Pentru diferite măsurări de laborator și de atelier se construiesc și rigle rigide scurte, cu lungimea de măsurare de 300 mm, clasele de precizie fiind 2 și 3, conform STAS 5024-55.

Riglele rigide se păstrează în cutii de lemn, se manevrează îngrijit pentru a nu primi lovituri care să deformeze muchiile și fețele și se ung cu unsoare neutră pentru a nu fi supuse oxidării (ruginirii).

La măsurarea directă a unei lungimi, muchia de măsurare trebuie așezată paralel cu lungimea de măsurat și citirea trebuie făcută din direcția perpendiculară pe fața gradată, pentru reducerea la minimum a erorii de măsurare și a paralaxei.

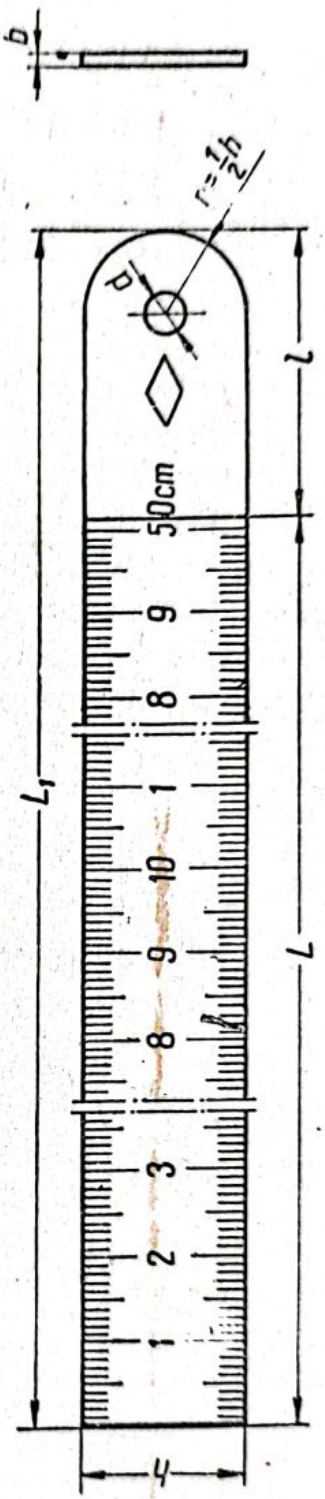


Fig. 30. Riglă flexibilă pentru măsurare.

Riglele metalice flexibile de măsurare (STAS 5199-56) (fig. 30), clasa de fabricație 4, se întrebuințează pentru măsurări curente de atelier, mai puțin precise, fiind executate cu erori tolerate de ± 0,1 mm pînă la ± 0,3 mm, pentru lungimi între 100 mm și 2 000 mm, măsurate la

Scanned with CamScanner

verificare; sînt executate din bandă de oțel laminat la rece, ecruisat sau tratat termic la o duritate minimă de 34 *HRC*. Pe fața gradată sînt trasate două scări cu reperele corespunzătoare pe aceeași dreaptă. Limita de măsurare *L* este de: 100, 200, 300, 500, 1 000, 1 500 sau 2 000 mm, valoarea unei diviziuni fiind de 1 mm. Pentru modelării se execută rigle flexibile a căror gradație ține seama de contracția pieselor la răcire, fapt pentru care se ia în plus 1, 2 sau 3%.

Scările gradate au diviziuni corespunzătoare: decimetrilor, numerotate cu 10, 20,..., centimetrilor, numerotate cu 1, 2,..., 9 precum și diviziuni corespunzătoare jumătăților de centimetru și milimetrilor. Grosimea reperelor este de 0,1—0,2 mm, cu diferențe maxime de 0,05 mm pentru aceeași riglă.

Metrii flexibili se execută din benzi de oțel subțiri de 0,15—0,25 mm, pentru a se putea înfășura în spirală într-o cutie, cu sau fără ax central. Limita de măsurare *L* a lor este de 1 m sau 2 m, pentru cei de atelier, și de 5, 10, 20, 25, 50 m, pentru ruletele întrebuințate pe șantiere.

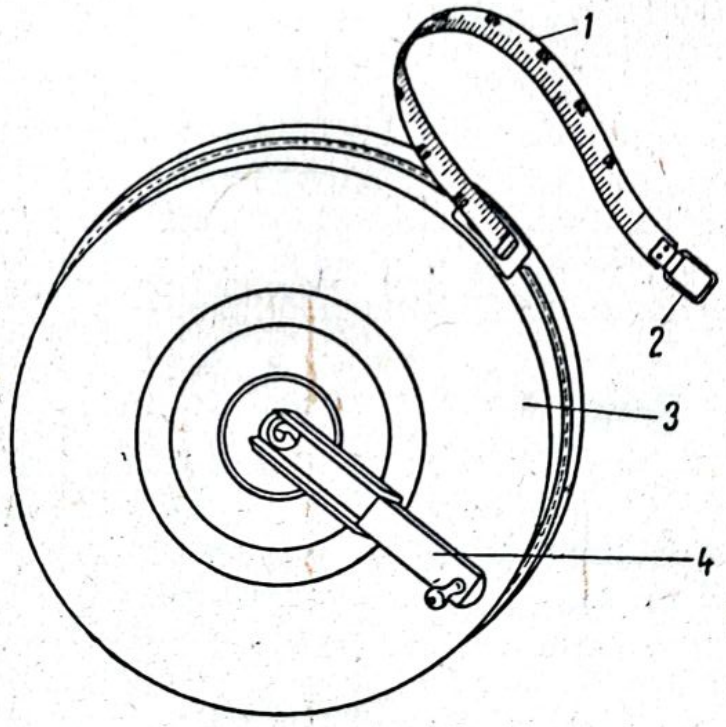


Fig. 31. Rulete obișnuite de oțel.

Ruletele obișnuite de oțel tip GL-A-04 (instrucțiunea D.G.M. 137-59) sînt alcătuite dintr-o bandă de măsurare flexibilă de oțel *1*, prinsă cu un capăt de un ax de strîngere metalic (fig. 31), care străbate transversal cutia de

Scanned with CamScanner

protecție *3*, de obicei rotundă. Celălalt capăt de măsurare se termină cu o verigă sau un inel de întindere, *2*. Banda se înfășoară pe ax prin învîrtirea manivelei *4*. Erorile tolerate ale scării pentru lungimea nominală a benzii, la o întindere cu o forță de 3 kgf/mm², au valorile de ± 2 mm, pentru 5 m și pînă la ± 8,5 mm, pentru 50 m.

Pentru măsurări curente de atelier se execută metri articulați din oțel special de arc laminat la rece, cu suprafața albă. Metrul cu limita de măsurare *L* de 1 m este

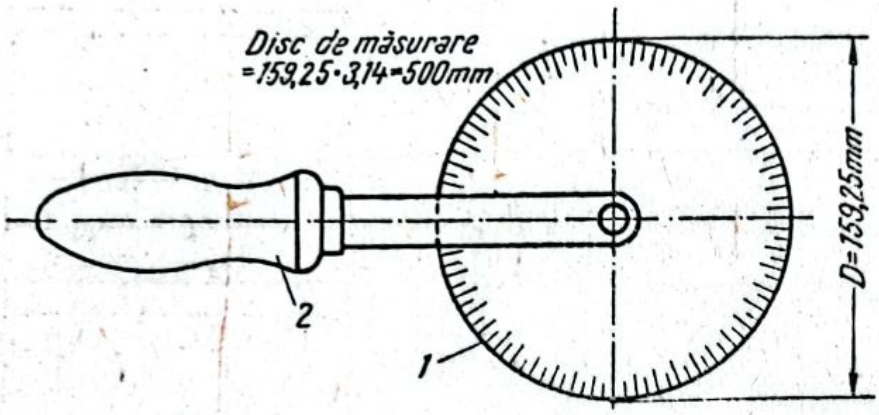


Fig. 32. Disc pentru măsurare.

format din zece lamele articulate elastic. Metrul este instrumentul de măsurare care necesită cea mai simplă îngrijire. Este suficient să fie ferit de lovituri și de umezeală și frecat cît mai puțin de obiectele metalice, pentru a nu i se șterge gradația.

Pentru măsurarea lungimilor liniilor curbe, cu întrebuințare totuși limitată în atelier, se folosește discul de măsurare. Cel mai obișnuit disc de măsurare (fig. 32) are diametrul de 159,25 mm. Discul gradat *1* este fixat pe furca-manivelă *2*, astfel ca să se poată roti cînd este plimbat de-a lungul liniei a cărei lungime se măsoară. La o rotație completă, discul parcurge o lungime egală cu 159,25 × × 3,14 = 500 mm. Circumferința discului este gradată în milimetri, avînd gradații mai lungi pentru jumătăți de centimetri.

Riglele de verificare (STAS 2518-51). După forma constructivă se deosebesc trei tipuri de rigle de verificare: 1) cu muchii active ascuțite, de oțel, (fig. 33) *a*, *b*, *c*, și *d*); 2) cu muchii active late, de oțel (fig. 34) *e*, și *f*) și de fontă (fig. 34, *g* și fig. 35, *h*); 3) în formă de pană, de fontă (fig. 35, *i* și *j*).

Riglele de verificare se execută după clasele de precizie 0—3 și au utilizările indicate în tabela 9.

Scanned with CamScanner

Muchiile active ale riglelor de verificare sînt ascuțite și rectilinii (fir de păr) și trebuie manevrate cu atenție deosebită, pentru a nu se deteriora (lovituri, zgîrieturi etc.).

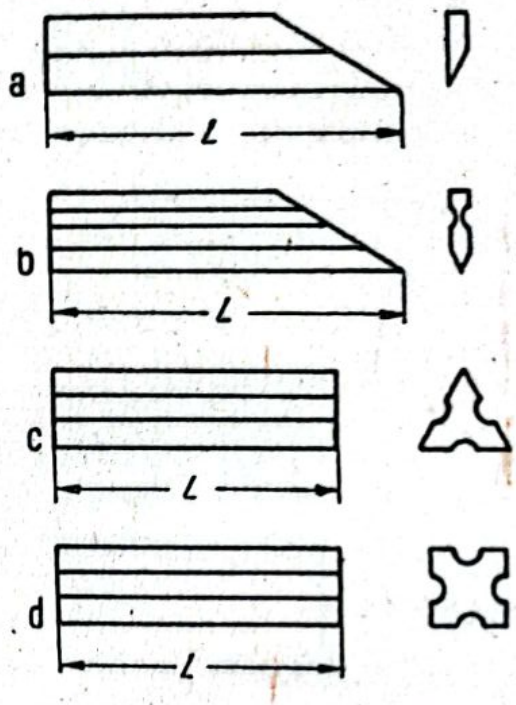


Fig. 33. Rigle pentru verificare cu muchii active ascuțite:
a — cu teșitură simplă; *b* — cu teșitură dublă; *c* — cu trei muchii; *d* — cu patru muchii.

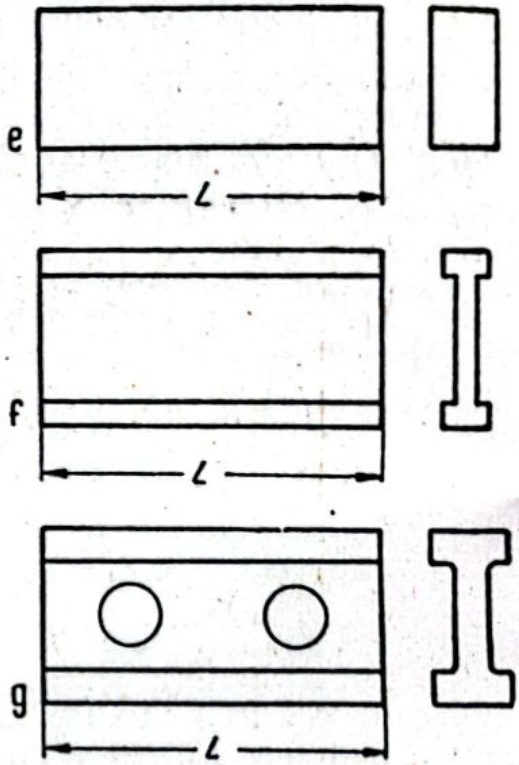


Fig. 34. Rigle pentru verificare cu muchii active late:
e — cu secțiunea dreptunghiulară; *f* — cu secțiunea I; *g* — secțiunea I.

Lungimile lor L sînt cuprinse între 75 și 300 mm, pentru formele a, b, c, d; între 500 și 3 000 mm, pentru formele e, f, g, h; între 250 și 1 000, pentru formele i, j.

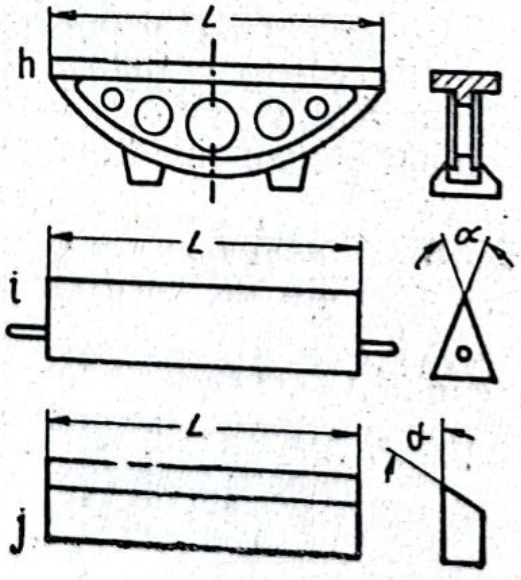


Fig. 35. Rigle pentru verificare în formă de pană:
h — în formă de arcuș; *i* — cu secțiunea triunghiulară; *j* — cu secțiunea trapezoidală.

Scanned with CamScanner

Clasificarea riglelor de verificare după precizia de execuție

Tipul riglei	Metoda de folosire	Clasa de precizie	Utilizare
Rigle cu muchii active ascuțite fig. 33 *a*,*b*,*c* și *d*	Prin fantă de lumină	0	Lucrări de sculărie de cea mai mare precizie
		1	Lucrări mai puțin precise
Rigle cu muchii active late de oțel fig. 34 *e* și *f*	Prin comparare dimensională sau prin vopseli indicatoare	1	Verificarea rectilinității, planității și a paralelismului atît la lucru cît și la control de înaltă precizie
		2	Lucrări de montaj la construcția mașinilor, precizie mijlocie, trasări de precizie, verificarea rectilinității, planității și a paralelismului, verificarea cu nivele avînd o precizie de cel puțin 0,5 mm la 1 000 mm
		3	Lucrări curente, mai puțin precise de lăcătușărie, tinichigerie etc., verificări de nivele, avînd o precizie de cel puțin 0,5 mm la 1 000 mm
Rigle cu muchii active late de fontă fig. 34, *g* și fig. 35, *h*		1	Executarea și controlul suprafețelor plane de înaltă precizie avînd cel puțin 20 pete pe un pătrat cu latura de 25 mm
		2	Idem, cu cel puțin 15 pete pe un pătrat cu latura de 25 mm
Rigle în formă de pană fig. 35 *i* și *j*	Prin vopseli indicatoare	1	Executarea și controlul suprafețelor plane de înaltă precizie, greu accesibile (de exemplu suprafețele unei îmbinări în formă de coadă de rîndunică) avînd cel puțin 20 pete pe un pătrat cu latura de 25 mm
		2	Idem, însă la lucrări de precizie mijlocie avînd cel puțin 15 pete pe un pătrat cu latura de 25 mm

Scanned with CamScanner

3.4. Aparate cu cursor și vernier. Șublere și compase

Șublerul este un aparat de măsurare compus dintr-o *riglă gradată* și un *cursor cu vernier*, lungimea de măsurare fiind determinată de distanța dintre suprafața de măsurare mobilă a cursorului și o suprafață de măsurare fixă. Șublerul este aparatul principal de măsurare al personalului legat de procesul de fabricație din uzinele constructoare de mașini și a evoluat constructiv după necesități, astfel încît în prezent se construiesc și se utilizează numeroase tipuri de șublere. În tabela 10 sînt indicate tipurile de șublere fabricate în țara noastră.

TABELA 10

Tipuri de șublere fabricate în R.P.R.

Denumirea	Limita superioară de măsurare L mm	Precizia de citire mm	Grosimea peste cele două ciocuri A mm	Lungimea ciocurilor B mm	Greutatea kg	Observații
1. Șubler cu două ciocuri	150	0,1 0,05 0,02	10	50	0,250	Șublerele cu precizia de 0,02 mm, cele cu limita superioară de măsurare 500 mm și cele de trasaj sînt prevăzute cu dispozitiv de avans fin al cursorului
2. Șubler cu tije de adîncime	150	0,1	—	40	0,150	
3. Șubler cu două ciocuri	200	0,1 0,05 0,02	10	65	0,260	
4. Șubler cu un cioc	300	0,1	10	80	0,360	
5. Șubler cu un cioc	500	0,1	20	125 250	1,050 1,200	
6. Șubler de adîncime	150	0,1	—	Lungimea tălpii cursorului 75	0,120	
7. Șubler de adîncime	300	0,1	—	100	0,150	
8. Șubler de trasare	300	0,1	Dimensiunile bazei 100 × 60 × 28		1,1	
9. Șublere speciale						Pentru roți dințate etc.

Scanned with CamScanner

STAS 1373-55 recomandă următoarele lungimi pentru șublere: L = 150, 200, 300 (400), 500, 600, 800, 1 000 și (1 500) mm; cifrele din paranteză trebuie evitate pe cît posibil.

Șublerul obișnuit cu două ciocuri (fig. 36, *a*), GL-C-01, instrucțiunea metrologică 2-59, sau cu un cioc (fig. 36, *b*), STAS 1373-55, se compune din rigla *1*, pe care este trasată scara gradată în milimetri, cu repere mai lungi pentru jumătățile de centimetru și centimetri, cu numerotare de la 0 pînă la limita de măsurare L. Ciocul scurt *2* și cel lung *3* formează suprafețele de măsurare ale riglei: *a*, în formă de cuțit, pentru dimensiuni exterioare, *b*, plană, pentru dimensiuni exterioare, și *c*, cilindrică cu rază mai mică de 0,5 A, pentru dimensiuni interioare. Pe rigla gradată culisează cursorul *4* prevăzut cu ciocurile *5* și *6* corespunzătoare ciocurilor riglei și cu aceleași suprafețe de măsurare (*a*, *b* și *c*). Deschiderea cursorului, corespunzătoare feței gradate a riglei, are fețele *7* înclinate către scara gradată a riglei cu aproximativ 30°. Dintre cele două fețe, *7*, cea inferioară, care poartă reperele vernierului, trebuie să fie plană și să se termine cu o margine dreaptă și subțire avînd grosimea uniformă, care să nu depășească valorile: 0,20 mm la șublerele cu precizia de citire de 0,1 mm și 0,15 mm la șublerele cu precizia de citire de 0,05 și 0,02 mm. Aceasta pentru reducerea erorii de paralaxă. Jocul dintre riglă și cursor, verificat cu sonda de grosime între suprafețele *1* și *7*, nu trebuie să depășească valorile 0,07 mm la șublerele cu precizia de citire de 0,05 și 0,02 mm și 0,09 mm la șublerele cu precizia de citire de 0,1 mm.

Cursorul, cu ajutorul suprafețelor de ghidare care trebuie să fie suficient de lungi și sub acțiunea unei pene elastice care îl menține ușor presat pe fața de ghidare a riglei, trebuie să aibă un mers uniform și ușor pe toată lungimea riglei și să poată fi acționat prin simpla împingere înainte sau înapoi a umărului *d*, cu degetul mare.

Vernierul este o scară gradată cu ajutorul căreia se pot citi fracțiuni ale diviziunilor riglei gradate. Lungimea,

Scanned with CamScanner

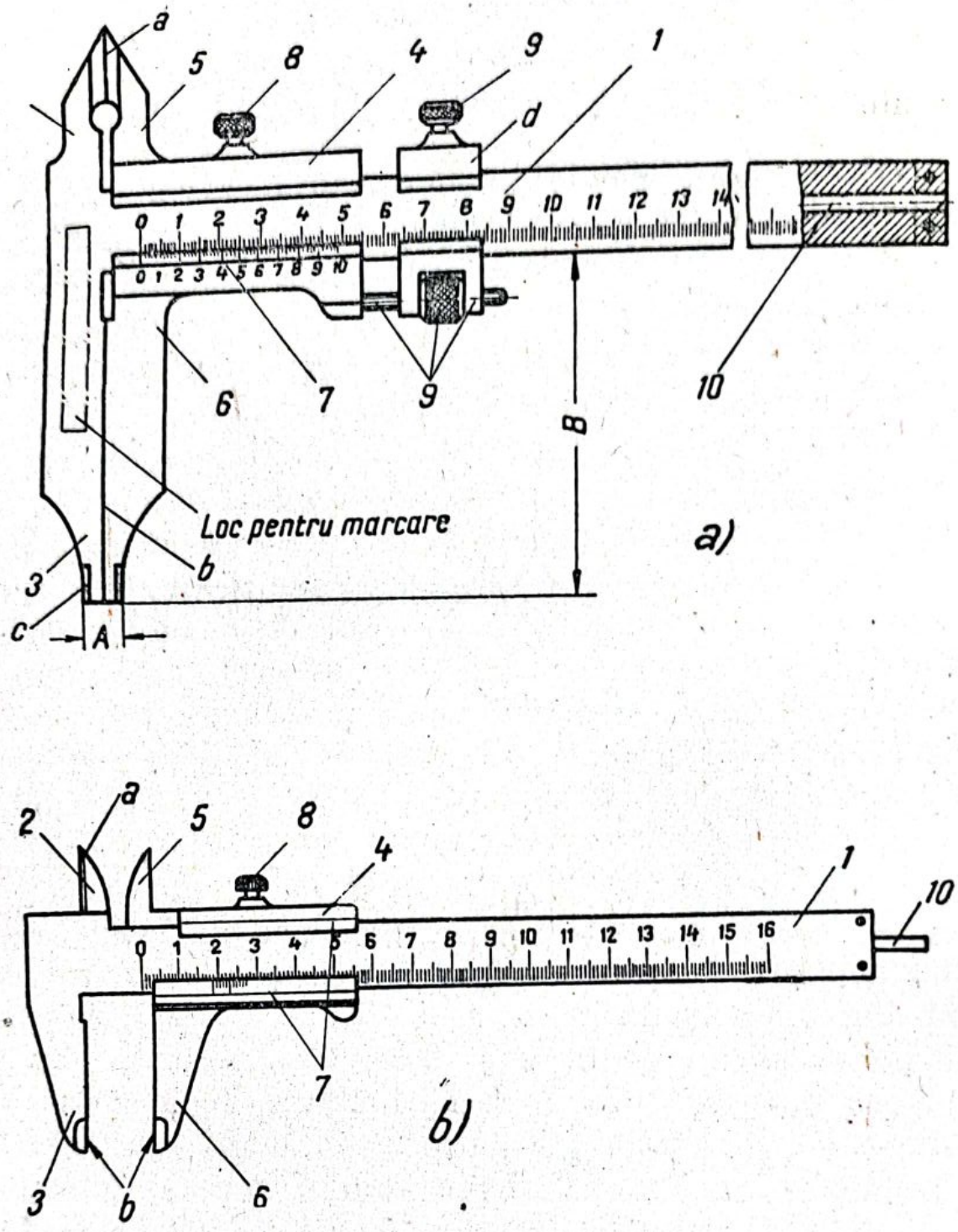


Fig. 36. Şublere:
a — cu două ciocuri; *b* — pentru suprafeţe interioare şi pentru adîncimi.

numărul şi numerotarea reperelor vernierelor se execută conform fig. 37, şi anume: vernierul cu diviziunea de 0,1 mm (fig. 37, *a*) are 10 diviziuni la distanţe egale, obţinute prin împărţirea în zece părţi egale a intervalului de 9 mm, corespunzînd celor 9 diviziuni ale riglei. Ca urmare, valoarea fiecărei diviziuni a vernierului este mai mică cu 0,1 mm decît o diviziune a riglei, adică 0,9 mm; vernierul cu diviziunea de 0,05 mm (fig. 37, *b*) are 20 diviziuni egale,

Scanned with CamScanner

corespunzînd intervalului de 19 diviziuni ale riglei, deci rezultă o valoare a fiecărei diviziuni a vernierului mai mică cu $\frac{1}{20}$ mm = 0,05 mm decît o diviziune a riglei; vernierul cu diviziunea de 0,02 (fig. 37, *c*) are 50 diviziuni egale, corespunzînd intervalului a 49 diviziuni ale riglei, de unde rezultă o valoare a fiecărei diviziuni a vernierului mai mică cu $\frac{1}{50}$ mm = 0,02 mm decît o diviziune a riglei.

Dimensiunea măsurată cu șublerul se citește pe scara gradată a riglei în dreptul diviziunii zero a vernierului. Dacă reperul zero al vernierului coincide cu unul dintre reperele riglei, atunci dimensiunea este egală cu numărul întreg de milimetri corespunzător acelui reper al riglei. În oricare alt caz, unul dintre reperele vernierului va coincide sau va fi foarte aproape de a coincide cu un reper al riglei. În acest caz, dimensiunea măsurată se compune din numărul întreg de milimetri, corespunzător diviziunii riglei aflată imediat în stînga reperului zero al vernierului, urmat de atîtea unități zecimale de ordinul 0,1; 0,05; 0,02 (corespunzător felului de vernier al șublerului) cîte diviziuni ale vernierului sînt cuprinse între zero și reperul respectiv, aflate în coincidență, ca de exemplu, 26,4 mm (fig. 37, *a*); 58 mm + 4 × 0,05 mm = 58,20 mm (fig. 37, *b*); 16 mm + 4 × 0,02 mm = 16,08 mm (fig. 37, *c*).

Fixarea cursorului într-o poziție oarecare se face prin strîngerea șurubului de fixare *8*, care acționează direct asupra penei.

Șublerele cu precizia de citire 0,02 mm și cele cu limita superioară *L* mai mare sau egală cu 500 mm sînt prevăzute cu dispozitivul *9* de avans fin (fig. 36, *a*) al cursorului, iar șublerele de 150 mm pot fi prevăzute cu tijă de adîncime *10*.

Pentru a înlesni măsurarea diametrelor exterioare cît și a celor mai mari, lungimea *B* a ciocurilor lungi nu poate fi mai mică decît cea indicată în tabela 11.

Conform instrucțiunilor D.G.M. 154-59 și 155-59 se execută și șublere cu ciocuri scurte GL-C-03 și GL-C-06 cu tijă de adîncime (fig. 36, *b*). Ciocurile scurte sînt în formă de muchie ascuțită, așezate invers prin comparație cu cele din fig. 36, *a*, pentru a putea efectua măsurări de diametre interioare.

Scanned with CamScanner

Lungimea ciocurilor lungi ale șublerelor *TABELA 11*

Limita superioară de măsurare L, mm	150	200	300	400—600	800—1 000	1 500
Lungimea ciocurilor lungi B, mm	50	60	80	90	120	250

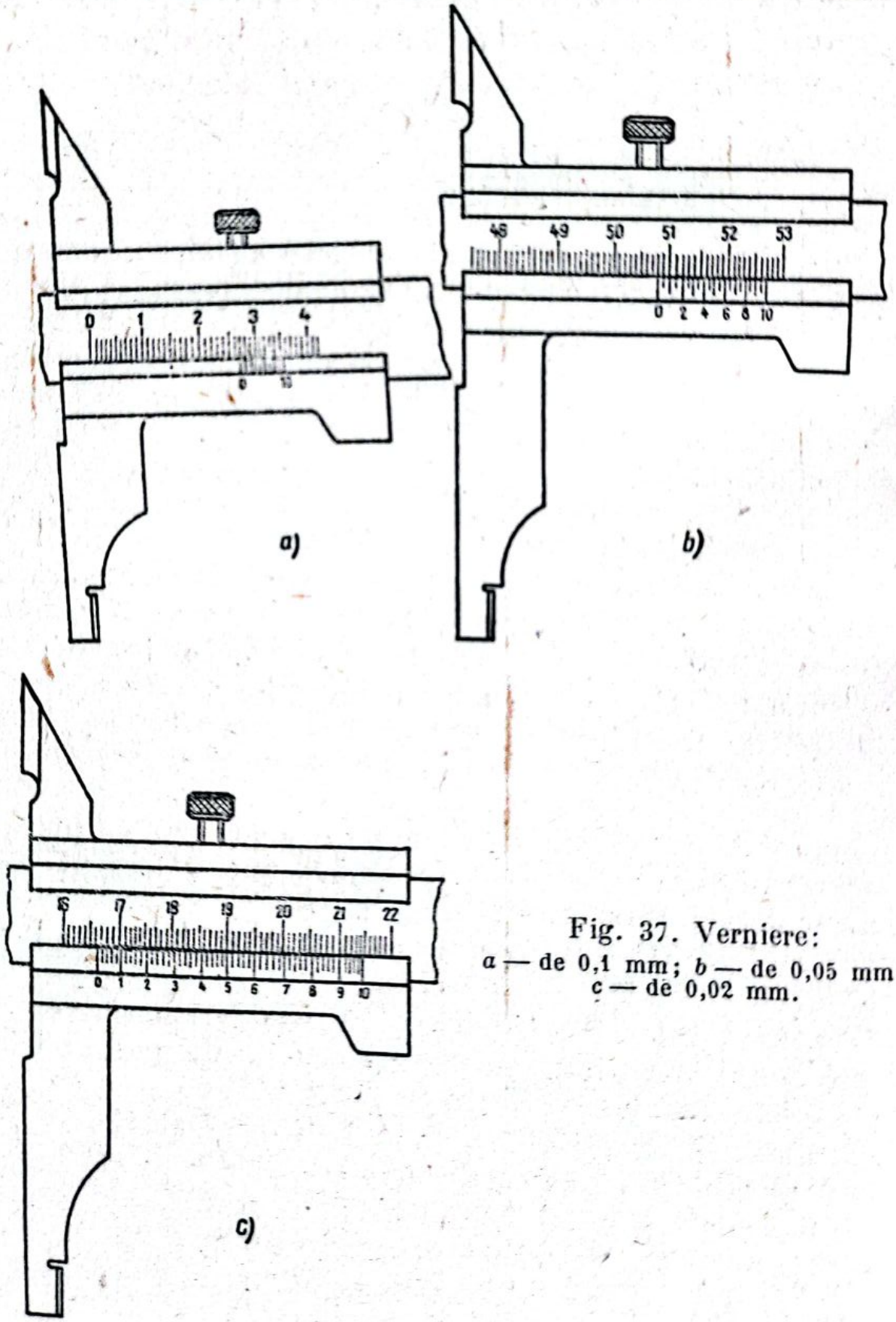


Fig. 37. Verniere:
a — de 0,1 mm; *b* — de 0,05 mm:
c — de 0,02 mm.

Scanned with CamScanner

Şublerele de adîncime GL-C-13, instrucţiunea metrologică 157-59 sau STAS 3648-53, (fig. 38), se folosesc la măsurări obişnuite de adîncime şi au următoarele elemente: rigla *1* cu scara gradată, limitele superioare L putînd avea valorile: (100), 125, 150, 200, 250, 300, (400) şi 500 mm (cifrele din paranteză trebuie evitate); cursorul *2*, prevăzut cu o talpă care are suprafaţa de măsurare *3*; şurubul de fixare a cursorului *4*; dispozitivul de avans fin *5*.

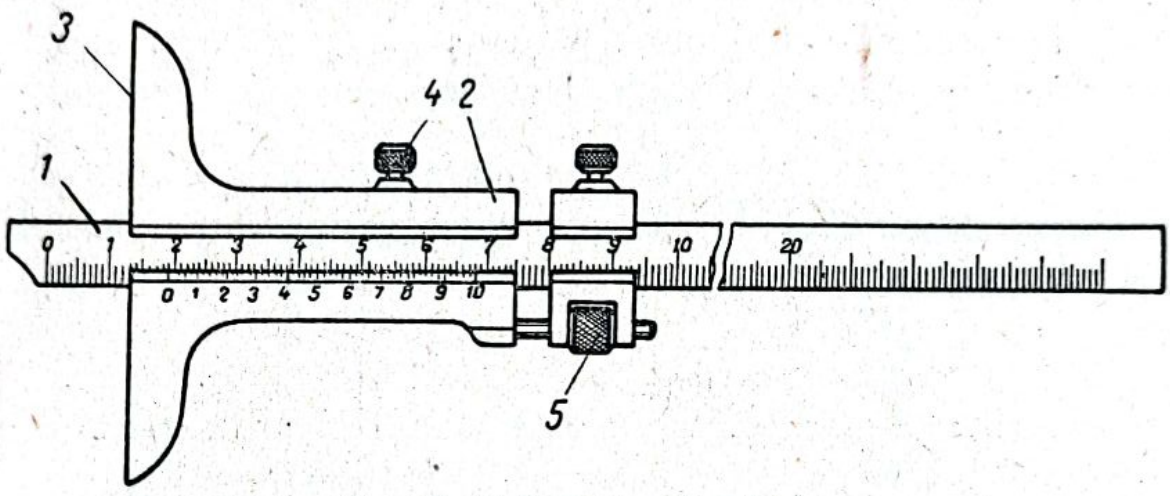


Fig. 38. Şubler de adîncime.

Preciziile de citire ale şublerelor de adîncime sînt: 0,1; 0,05; 0,02 mm, pentru lungimi L pînă la 200 mm, şi 0,1 mm pentru celelalte lungimi L.

Şublerul pentru trasare, instrucţiunea metrologică 156-59 (fig. 39), se compune dintr-o riglă gradată cu limitele maxime de măsurare $L = 300, 500, 800$ şi 1 000 mm, fixată pe o talpă de fontă cu baza plană, pentru a se aşeza bine pe platoul pentru trasare. Pe riglă se deplasează cursorul cu cioc ascuţit amovibil (pentru trasare) sau plat (pentru măsurarea înălţimilor). În trusa şublerului, există anexele: vîrful pentru măsurare *7*, cu suprafaţa de măsurare inferioară plană şi vîrful pentru trasare *6*, cu suprafaţa inferioară plană şi cu vîrf ascuţit în acelaşi plan cu suprafaţa plană. Vîrful de măsurare şi vîrful pentru trasare se fixează la cursorul şublerului prin intermediul consolei *5* şi al unei brăţări de fixare. În trusă se mai află de obicei şi o cală paralelipipedică pentru reglare. Celelalte caracteristici sînt arătate în tabela 12.

În fig. 40 sînt arătate posibilităţile de măsurare ale diferitelor şublere. Pentru efectuarea uneia dintre aceste

Scanned with CamScanner

măsurări se curăță suprafețele de măsurare, prin ștergere cu o cîrpă móale, se slăbesc șuruburile de blocare și se verifică mersul corect al cursorului de-a lungul riglei, se aduce zero al vernierului în coincidență cu zero al riglei, se strînge șurubul de blocare și se verifică fanta de lumină dintre suprafețele de măsurare ale riglei și cursorului, care, cu șurubul nestrîns, poate avea valorile: 0,006 mm la șublere cu precizia de citire de 0,1 mm și 0,003 mm la șublere cu precizia de citire de 0,05 și 0,02 mm, iar cu șurubul strîns, valori de două ori mai mari. Se oprește mașina sau se asigură starea de repaos a piesei de măsurat, se curăță bine partea

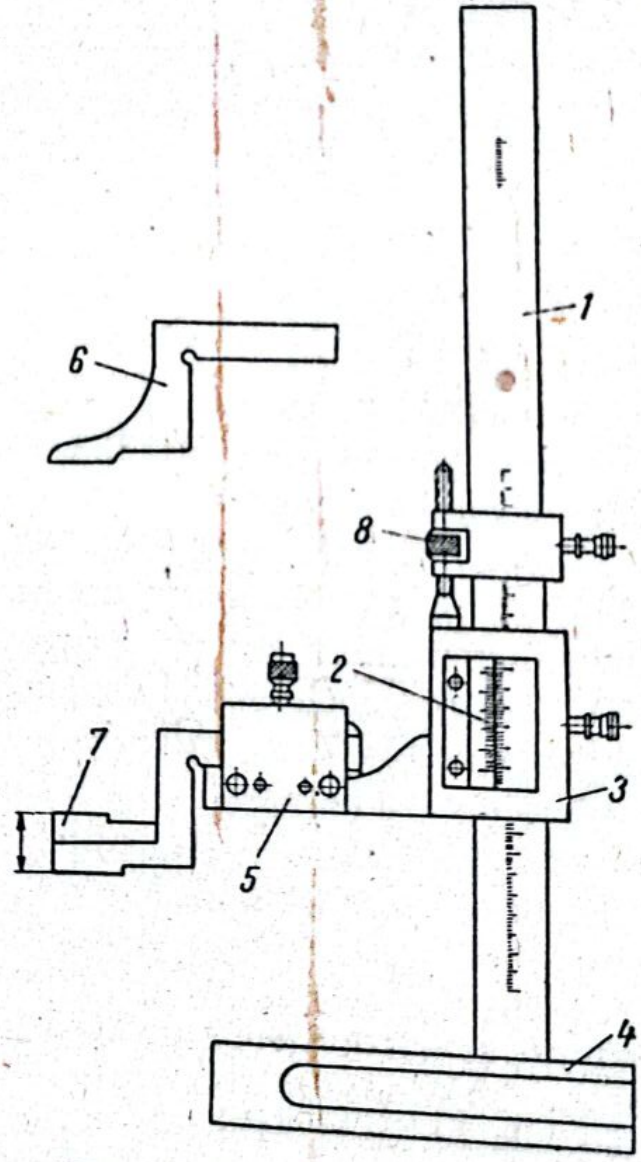


Fig. 39. Șubler pentru trasare:
1 — riglă; *2* — vernier; *3* — cursor; *4* — talpă (bază); *5* — consolă; *6* — vîrf pentru trasare; *7* — vîrf pentru măsurare; *8* — dispozitiv pentru avans.

Scanned with CamScanner

Caracteristicile şublerelor de trasare

Limita superioară de măsurare *L* mm	Distanţa maximă de la vîrf la talpă mm	Greutatea tălpii kg
300	70	1,5
500	70	3,0
800	100	5,0
1 000	100	7,0

care se măsoară de aşchii şi de alte impurităţi, se aduc în contact uşor feţele pentru măsurare cu părţile de măsurat ale piesei, după ce se observă poziţia corectă a şublerului faţă de dimensiunea de măsurat, se blochează uşor cursorul prin strîngerea şurubului de blocare, se scoate după caz piesa sau şublerul (dacă nu se poate efectua citirea chiar în poziţia de măsurare) şi se face citirea. Operaţia se repetă pentru piesele cilindrice cel puţin în două poziţii situate la 90° între ele şi, după caz, se face media citirilor sau se notează fiecare în parte.

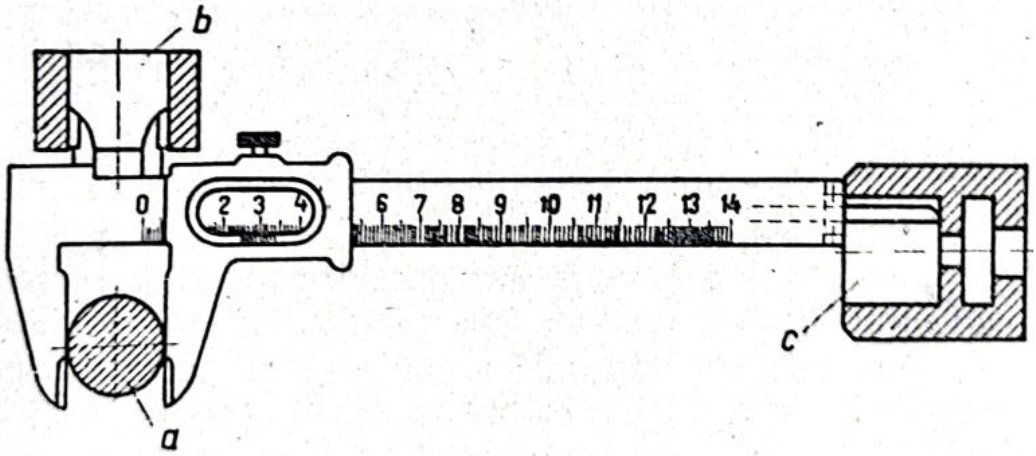


Fig. 40. Posibilităţile de măsurare cu diferite şublere:
a — diametru exterior; *b* — diametru interior; *c* — adîncime.

Aşezarea şublerului la o anumită dimensiune se face privind scara pe direcţia perpendiculară şi mişcînd cursorul pînă la apropierea de suprafaţa pentru măsurat, după care urmează mişcarea fină directă sau cu ajutorul cursorului de avans fin.

Scanned with CamScanner

Aşezarea la dimensiune cu ajutorul cursorului de avans fin se face prin rotirea piuliţei cursorului de avans fin (după terminarea mişcării rapide) şi fixarea acestuia prin strîngerea şurubului său de blocare.

Temperatura şublerului trebuie să fie cît se poate mai apropiată de a piesei care se măsoară.

Compasurile pentru măsurare sînt instrumente simple, care se compun din două braţe, articulate între vîrfurile cărora se cuprinde dimensiunea de măsurat (fig. 41, *a* pentru dimensiuni exterioare şi fig. 41, *b* pentru dimensiuni interioare). Citirea dimensiunii se face pe scara gradată, fixată pe unul din braţe, în faţa căreia se roteşte un indice sau un vernier, fixat pe celălalt braţ.

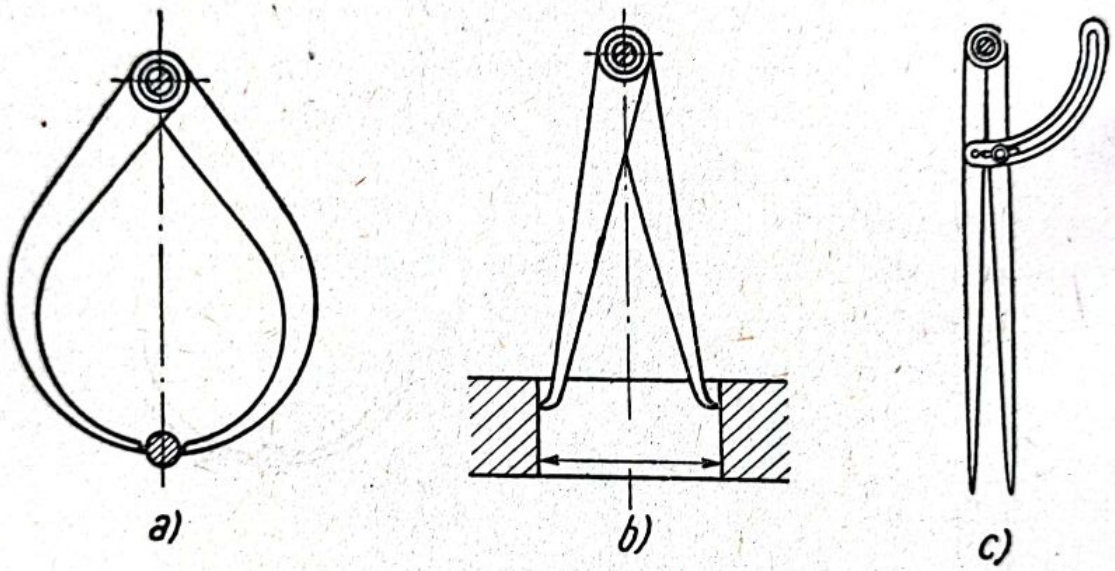


Fig. 41. Compase pentru măsurare:
a — de exterior; *b* — de interior; *c* — de trasare.

Sînt mai multe feluri de compasuri: cu riglă şi cursoare, cu cadran sau fără cadran, servind numai la încadrarea dimensiunii şi transpunerea ei pe o riglă gradată etc., utilizarea acestora din urmă fiind din ce în ce mai puţin întîlnită.

3.5. Aparate de măsurare cu şurub micrometric. Micrometre

Micrometrele sînt aparate de măsurare cu şurub cu pas fin, de obicei 0,5 mm. Ca tipuri şi domenii de utilizare ele sînt diferite, însă principiul lor de bază constă în trans-

Scanned with CamScanner

formarea mișcării de rotire a șurubului micrometric într-o deplasare liniară.

Micrometrele obișnuite de exterior STAS 1374-55 (fig. 42) au următoarele părți componente: potcoava *1*, brațul cilindric *2*, nicovala *3*, tija șurubului micrometric *4*, tamburul *5*,

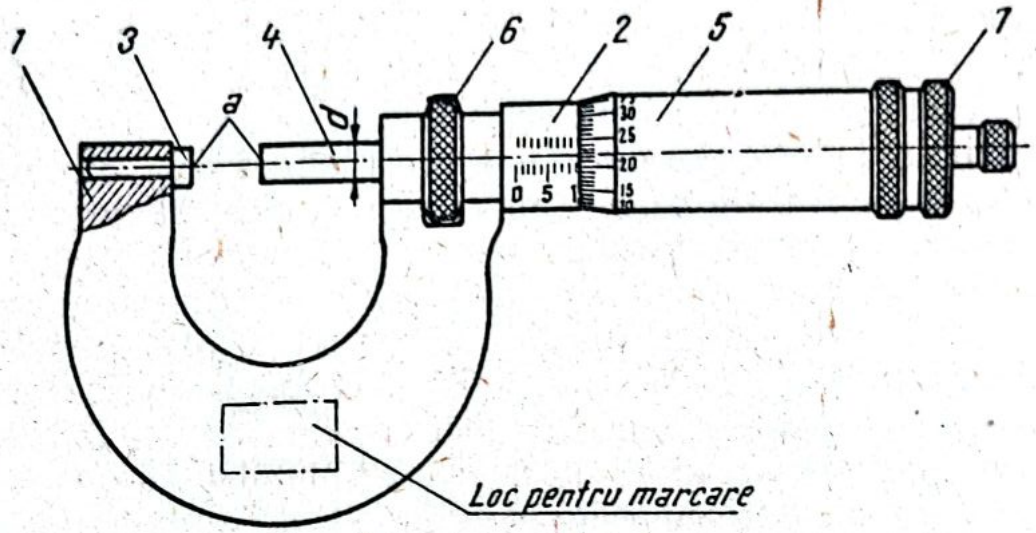


Fig. 42. Micrometru obișnuit de exterior.

dispozitivul de fixare *6*, dispozitivul pentru limitarea apăsării *7*.

Mărimea potcoavei determină domeniul de măsurare care crește din 25 în 25 mm, începînd de la 0—25 mm; 25—50 mm etc. pînă la 475—500 mm. Nicovala *3* și tija șurubului micrometric *4* sînt prevăzute cu suprafețele plane de măsurare *a*, tratate termic la cel puțin 58 *HRC* și foarte bine lepuite (lustruite). Brațul cilindric, pe bucșa cu care este echipat, poartă scara gradată în jumătăți de milimetru, așezate intercalat dedesubtul și deasupra axului longitudinal al aparatului. Reperele 0; 5; 10; ... sînt mai lungi și valorile lor sînt indicate prin cifre. Pe periferia conică a tamburului este trasată scara sutimilor de milimetru care cuprinde 50 diviziuni egale, marcate prin 50 repere trasate perpendicular pe marginea inelară a suprafeței conice. Reperele 0; 5; ... 50 sînt mai lungi și valorile respective, în sutimi de milimetri, sînt indicate prin cifre. Cunoscînd că pasul șurubului micrometric este 0,5 mm, valoarea unei diviziuni a tamburului este de $\frac{0{,}5}{50}$ mm = = 0,01 mm.

Scanned with CamScanner

Pentru efectuarea unei măsurări cu micrometrul de exterior se curăță bine fețele de măsurare cu o cîrpă moale și se verifică aparatul la indicația zero, astfel încît atunci cînd cele două suprafețe *a* sînt în contact, marginea inelară a tamburului cilindric să coincidă cu reperul zero al brațului cilindric, iar reperul zero al tamburului să aibă o abatere mai mică decît o diviziune, față de linia longitudinală a brațului cilindric paralelă cu axul său. Micrometrele al căror domeniu de măsurare nu începe de la zero, adică toate micrometrele în afară de micrometrul 0—25 mm, se verifică la poziția zero cu ajutorul unei cale cilindrice cu fețe de măsurare plane sau sferice, a cărei lungime este totdeauna egală cu limita inferioară de măsurare și care însoțește aparatul. Apoi, se curăță bine locurile de măsurat ale piesei și se strînge șurubul micrometric prin învîrtirea dispozitivului *7* pentru limitarea apăsării, piesa fiind sprijinită pe suprafața pentru măsurare a nicovalei. Dispozitivul pentru limitarea apăsării este prevăzut cu o rozetă dințată cu clicheți apăsați prin arcuri, care permit mișcarea independentă numai în sensul de strîngere al șurubului micrometric, îndată ce apăsarea depășește valoarea 700 ± 200 gf.

În sfîrșit se blochează șurubul prin strîngerea dispozitivului de blocare *6* și se citește valoarea dimensiunii măsurate, care are: 1) un număr întreg de milimetri, dacă marginea inelară a tamburului coincide cu ultima diviziune a scării inferioare a brațului cilindric, iar cînd marginea inelară a tamburului depășește diviziunea respectivă se adaugă și numărul de sutimi de milimetru corespunzător reperului de pe tambur aflat în coincidență cu linia axială a brațului cilindric; de exemplu, în fig. 43, *a*, dimensiunea este de 8 mm + 0,36 mm = 8,36 mm; 2) un număr întreg de milimetri, plus o jumătate de milimetru dacă marginea inelară a tamburului se află în coincidență cu un reper al scării superioare a brațului cilindric, iar cînd reperul este depășit se mai adaugă numărul corespunzător de sutimi de milimetru de pe tambur; de exemplu, în fig. 43, *b*, dimensiunea este de 13 mm + 0,5 mm + 0,44 mm = = 13,94 mm.

Tot pentru măsurări exterioare, în afară de micrometrele obișnuite și de micrometrele pentru filete și cele pentru roți dințate, care sînt descrise la capitolele respective, se mai utilizează următoarele tipuri de micrometre.

Scanned with CamScanner

Micrometrul pentru ţevi GL-D-10 (instrucţiunea metrologică 159-59) (fig. 44) se compune din aceleaşi elemente ca şi micrometrul obişnuit pentru exterior, cu deosebirea că nicovala *1* şi tija şurubului micrometric *2* sînt executate astfel, încît să permită aşezarea între ele a peretelui ţevii de măsurat. Domeniul de măsurare este de 0—25 mm.

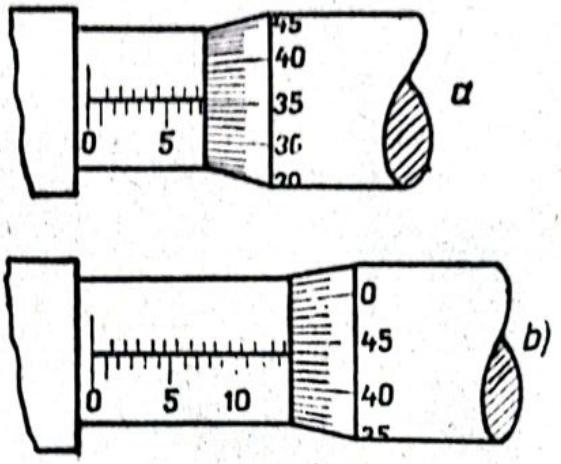


Fig. 43. Citirea indicaţiilor micrometrului de exterior:
a — fără jumătăţi de milimetru;
b — cu jumătăţi de milimetru.

Micrometrul pentru tablă GL-D-12 (instrucţiunea metrologică 160-59) (fig. 45) se compune din: potcoava *1*, bucşa cilindrică, mobilă, *2*, care se roteşte împreună cu acul indicator *3* în faţa cadranului *4*, gradat în 100 de diviziuni egale, şi din ştiftul de antrenare *5*, tamburul *6*, nicovala *7*, cu suprafaţă pentru măsurare sferică, tija şurubului micrometric *8* cu suprafaţă pentru măsurare sferică şi dispozitivul de limitare a apăsării *9*. Ştiftul de antrenare *5*, pe care este trasat un reper transversal, este solidar cu şurubul micrometric şi, la învîrtirea tamburului *6*, avansează de-a lungul fantei longitudinale a bucşei *2* pe laturile căreia sînt trasate reperele care indică milimetri întregi. Diviziunile cadranului care corespund sutimilor de milimetru înlocuiesc diviziunile tamburului micrometrului obişnuit

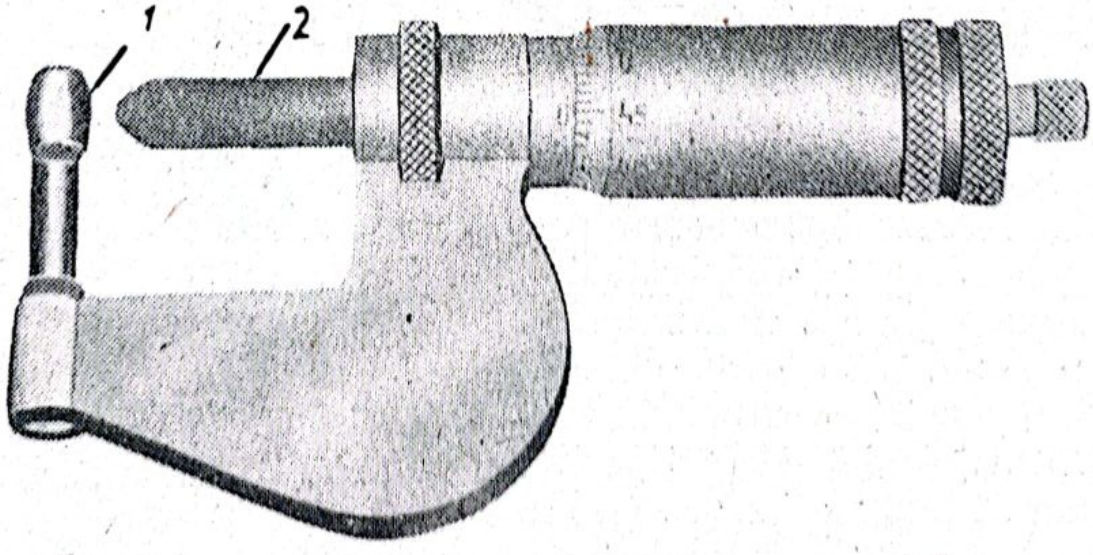


Fig. 44. Micrometru pentru ţevi.

Scanned with CamScanner

de exterior. Astfel, precizia de citire a aparatului este de 0,01 mm. Limita superioară de măsurare L este de 15 mm.

Micrometrele de adîncime (fig. 46) sînt aparate asemănătoare şublerelor de adîncime, cu deosebirea că rigla este înlocuită printr-un şurub micrometric şi au scări pentru măsurare şi elementele micrometrelor de exterior, măsurarea executîndu-se între suprafaţa plană lepuită a piesei de bază *1* şi suprafaţa plană a şurubului micrometric *3*. Pe bucşa gradată *2* se află dimensiunile milimetrilor, iar reglarea la dimensiune se face cu dispozitivul de finisare *4*. Domeniul pentru măsurare este 0—25 mm, care se poate extinde totuşi pînă la 125 mm cu ajutorul a patru tije de adîncime, cu lungimile de 25, 50, 75, 100 mm, care se pot înşuruba în capătul şurubului micrometric.

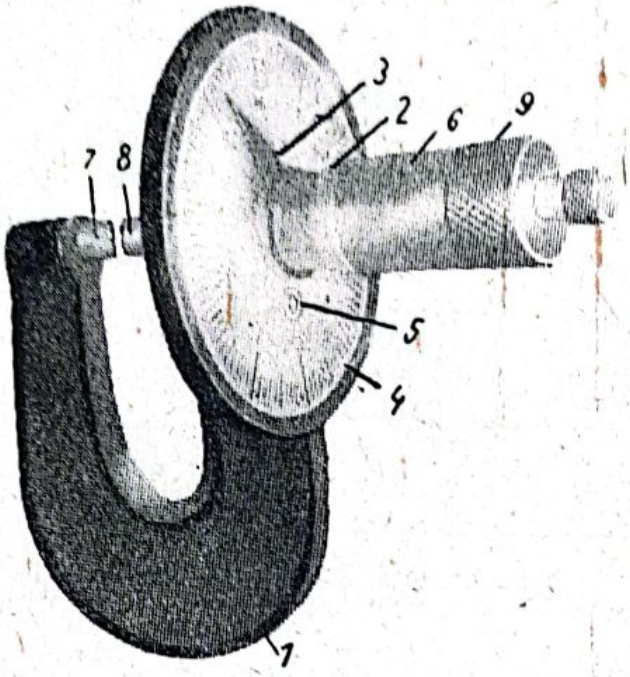


Fig. 45. Micrometru pentru tablă.

Micrometrul de interior tip vergea (fig. 47, *a*) se foloseşte la măsurarea alezajelor. Se compune din două subansambluri: subansamblul *1* cu tamburul *2* şi subansamblul bucşei *3* cu dispozitivul de fixare *4* şi cu capul pentru măsurare *5*. Pe partea cilindrică *6* a şurubului micrometric *1* este fixat tamburul *2*. Tamburul se asamblează cu şurubul prin strîngerea piuliţei *7*, care se înşurubează pe tambur. Pasul filetului este de 0,5 mm, iar cursa maximă de 13 mm. Pentru mărirea domeniului pentru măsurare, în locul piuliţei de protecţie, în partea stîngă se înşurubează nişte prelungitoare cu lungimi diferite. Limita maximă pen-

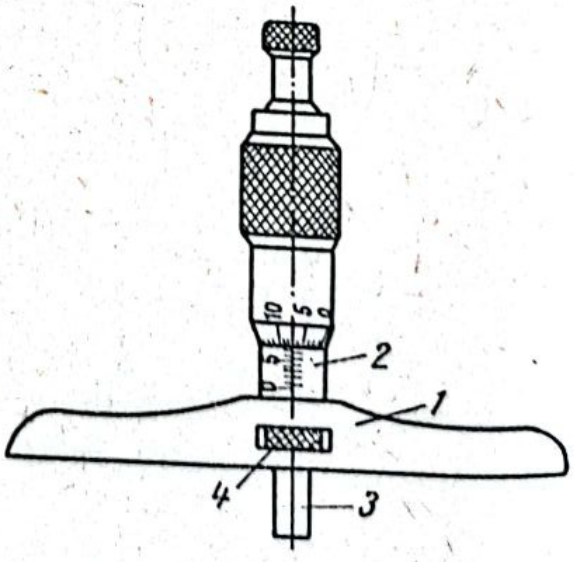
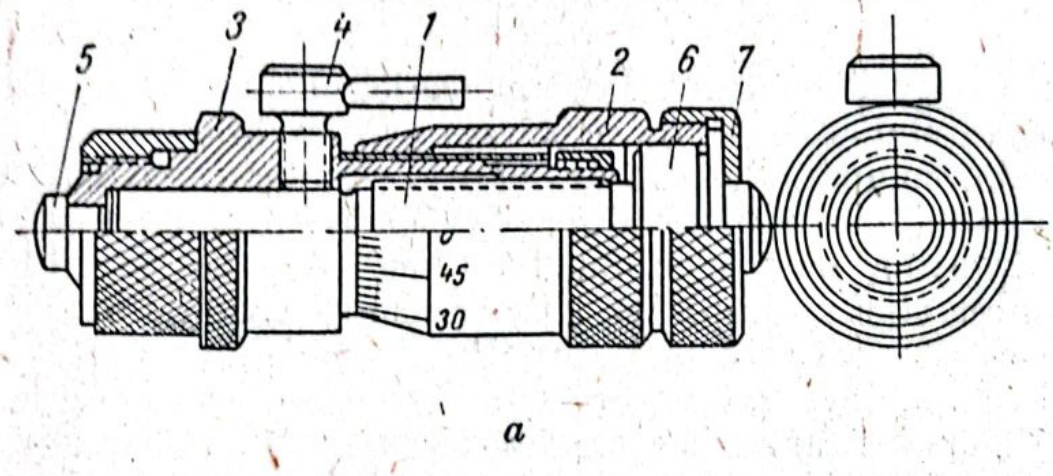


Fig. 46. Micrometru de adîncime.

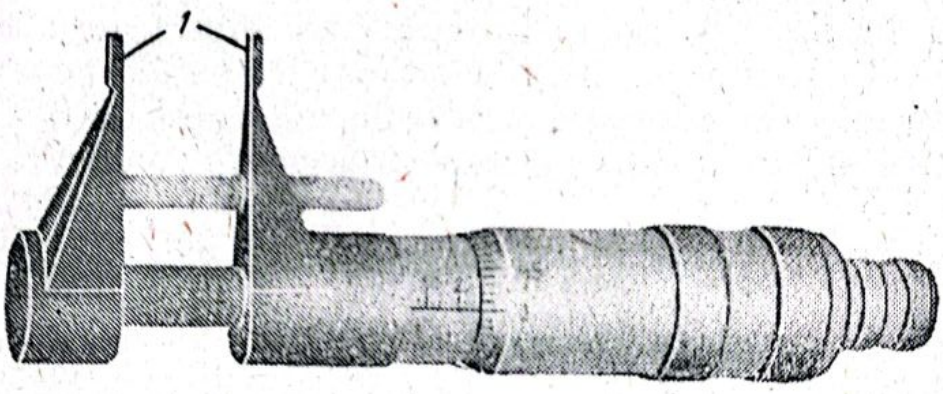
Scanned with CamScanner

tru măsurare poate ajunge pînă la 1 500 mm; limita minimă de măsurare este de obicei 50 mm.

Micrometrul de interior cu fălci (fig. 47, *b*) este prevăzut cu două fălci pentru măsurare, *1*. Măsurarea se face prin



a



b

Fig. 47. Micrometru de interior:
a — tip vergea; *b* — cu fălci.

deplasarea fălcii mobile, solidară cu piulița înșurubată pe un șurub micrometric. Domeniul pentru măsurare este de 5—30 mm, valorile milimetrilor întregi fiind marcate din 5 în 5 mm, de la dreapta spre stînga, pe bucșa gradată a brațului cilindric. Pasul filetului este de 1 mm, iar tamburul are 50 de diviziuni egale. Precizia de citire este de 0,01 mm.

Verificarea planității fețelor pentru măsurare ale micrometrelor se face cu calibre plane, benzile de interferență trebuind să fie cît mai apropiate de dreptele paralele.

Reglarea la zero sau la cota calei și reglarea jocului șurubului micrometric se fac conform instrucțiunilor care însoțesc aparatul respectiv.

Scanned with CamScanner

La punctele fixe de control și, în general, cînd sînt de executat măsurări multe și repetate pentru serii de piese, potcoava micrometrului de exterior se fixează într-un suport.

3.6. Aparate cu amplificare mecanică. Comparatoare

Aparatele cu amplificare mecanică, denumite și comparatoare, sînt aparate de măsurare care se folosesc aplicînd metoda comparativă de măsurare. Amplificarea mișcării tijei palpatoare a aparatului se face cu ajutorul angrenajelor, al pîrghiilor sau, combinat, cu angrenaje și cu pîrghii. Mișcarea tijei se amplifică și se transmite unui ac indicator, care capătă astfel o mișcare cu mult mai mare ca aceea a tijei palpatoare mișcîndu-se în fața unui cadran gradat.

Comparatoarele cu cadran circular cu valoarea diviziunii de 0,01 m. Schema unui astfel de aparat este reprezentată în fig. 48. Comparatoarele se împart în normale, cu gabarite reduse și frontale. Comparatoarele cu gabarit redus se execută pentru limitele de măsurare de 0—2 mm și 0—3 mm, iar comparatoarele normale, pentru limitele

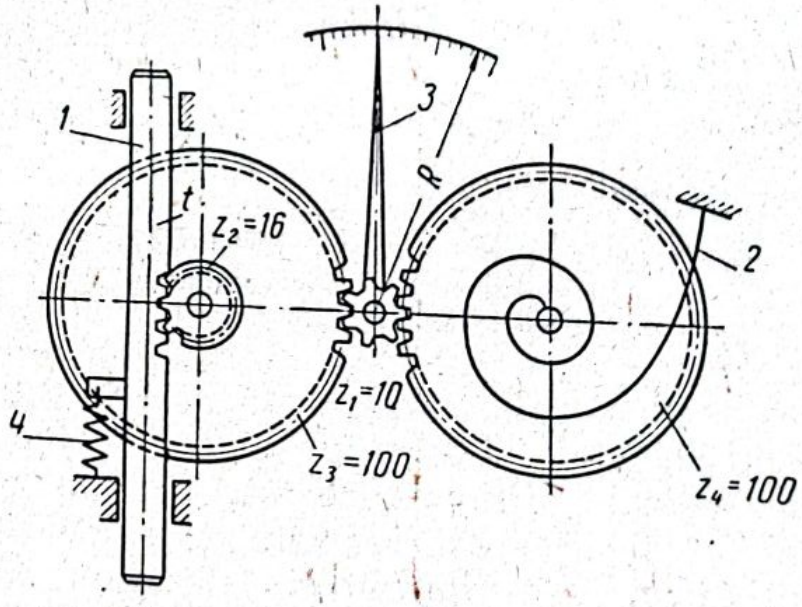


Fig. 48. Schema de principiu a unui comparator.

de măsurare de 0—5 mm și 0—10 mm. Scara gradată a comparatorului are 100 diviziuni. O rotație a acului indicator corespunde unei deplasări de 1 mm a tijei palpatoare.

Tija palpatoare *1* are porțiunea centrală prevăzută cu o cremalieră dințată; aceasta angrenează cu roata

Scanned with CamScanner

dințată z_2 cu 16 dinți, care se rotește solidar cu roata z_3 cu 100 dinți, așezate pe același ax și care antrenează acul indicator *3*. Roata dințată z_4 cu 100 dinți angrenează cu pinionul z_1 și, datorită unui arc spiral, *2*, se elimină cursa moartă care ar produce erori de indicație.

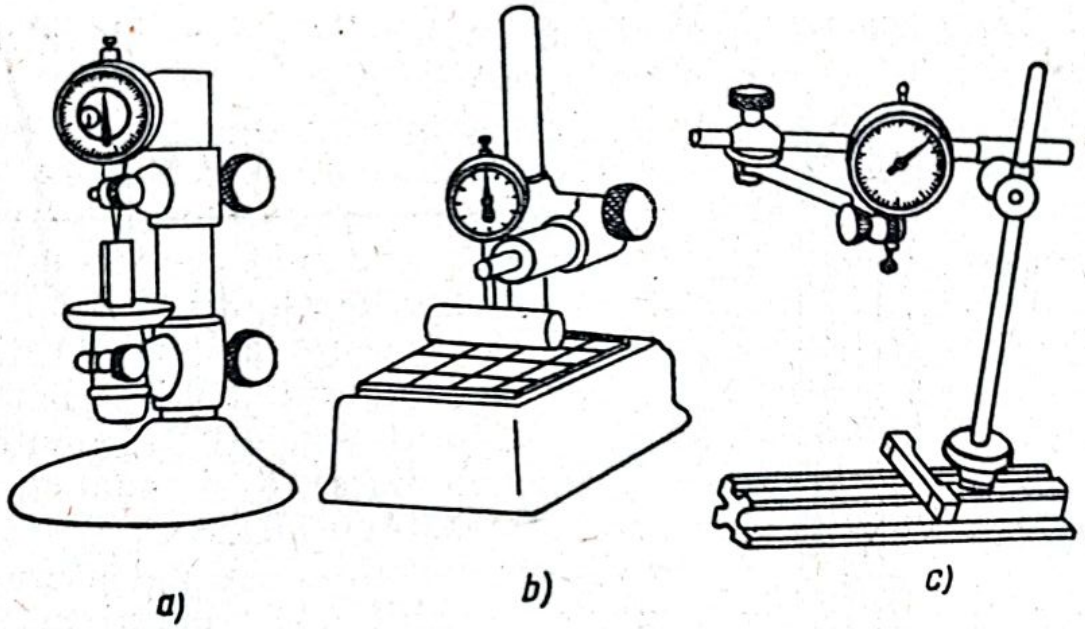


Fig. 49. Suportul pe care se așază comparatorul cu cadran:
a — pentru măsurarea pieselor cu dimensiuni mici; *b* — pentru măsurarea pieselor cu dimensiuni mari; *c* — universal pentru măsurări de atelier.

Forța de măsurare a comparatorului de 120 ± 40 gf, produsă de un dispozitiv cu arc elicoidal, *4*, este aproximativ constantă și, spre deosebire de alte aparate, este independentă de efortul de măsurare al celui care execută măsurarea.

Măsurarea cu comparatorul se face fixînd aparatul cu brațul de fixare într-un suport (fig. 49). După fixarea comparatorului în suport se verifică buna lui funcționare, prin ridicarea și coborîrea ușoară a tijei palpatoare cu ajutorul butonului pentru ridicarea tijei; se fixează înălțimea de așezare a aparatului prin întrebuințarea unui bloc de cale cu dimensiunea egală cu dimensiunea nominală a piesei de măsurat și, o dată fixat aparatul la înălțime convenabilă pe suport, astfel încît cursa totală de 10 mm a tijei să fie împărțită în părți aproximativ egale prin blocul de cale, se ridică tija, fără a se ajunge la capătul de cursă, se introduce blocul sub vîrful tijei și se lasă tija să atingă ușor cu vîrful blocul de cale, verificîndu-se din nou prin ridicări repetate mersul normal al tijei.

În această situație se reglează la poziția zero ambele cadrane și dacă este necesar se așază cei doi indici de tole-

Scanned with CamScanner

ranță la valorile cerute. Se ridică din nou tija palpatoare, se înlocuiește blocul de cale cu piesa de măsurat și se lasă vîrful tijei să se așeze pe piesă, verificînd din nou funcționarea corectă a tijei nedereglînd poziția suportului prin mișcări sau atingeri nedorite. Rezultatul măsurării se citește pe cele două cadrane.

Pentru măsurarea dimensiunilor interioare ale alezajelor cilindrice, prin metoda comparabilă se întrebuințează comparatorul de interior (fig. 50). Aparatul constă din comparatorul normal *1*, asamblat printr-un sistem de pîrghii cu capul de măsurare *2* format din: palpatorul mobil *3*, palpatorul reglabil *4*, montate în bucșa *6* și puntea de centrare *5*.

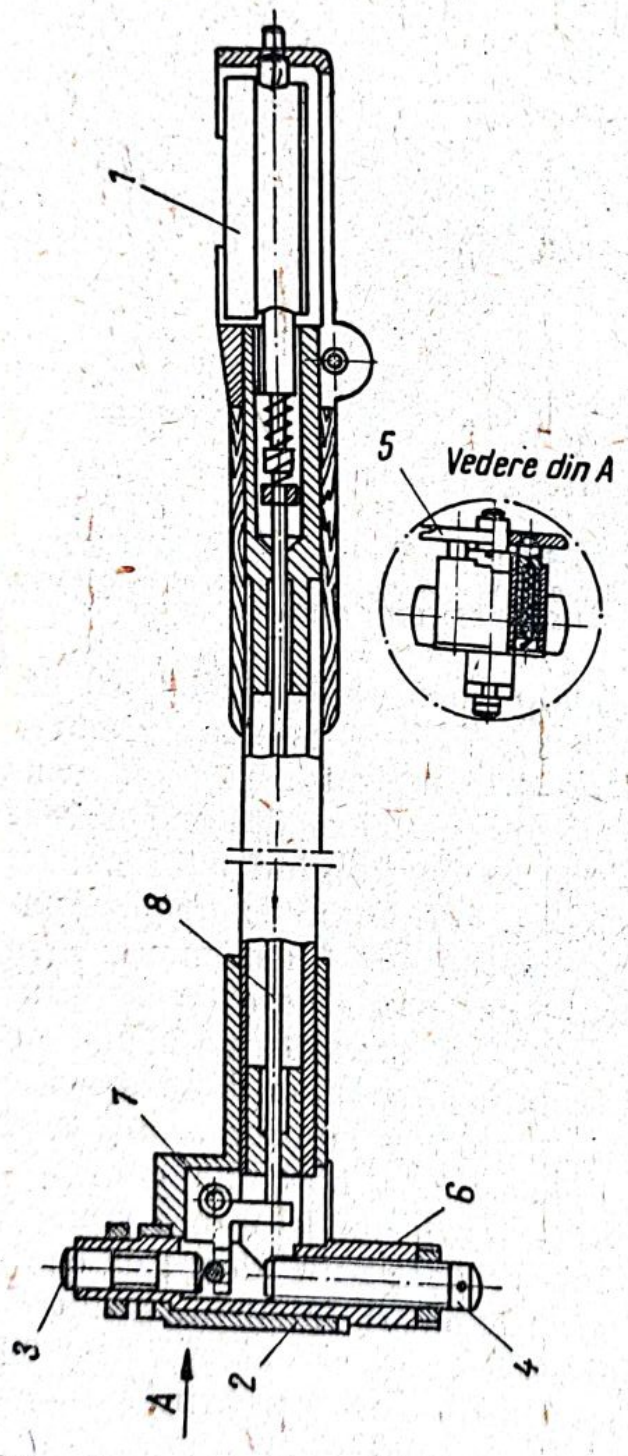


Fig. 50. Comparator cu cadran pentru alezaje.

Mișcarea palpatorului mobil este transmisă tijei *8* și de aici, prin intermediul pîrghiei cotite *7*, care se rotește în jurul unui ax, palpatorului comparatorului *1*. Reglarea la zero se face pentru diametrul normal al alezajului cu ajutorul unui calibru-inel, după blocarea palpatorului *4* în poziția corespunzătoare. Puntea de centrare mobilă este împinsă de arcuri în direcția săgeților contra pereților alezajului și servește la așezarea liniei celor două vîrfuri de palpare, *3* și *4*, după diametrul de măsurat.

Domeniul de măsurare este de 18—450 mm în șase trepte.

Comparatoarele cu cadran, cu valoarea diviziu-

Scanned with CamScanner

nii de 0,001 mm, sînt asemănătoare celor cu valoarea diviziunii de 0,01 mm, cu singura deosebire funcțională că mișcarea tijei palpatoare se transmite tijei cremaliere, prin intermediul unei pîrghii cotite, cu raportul brațelor de 1:10, fapt care face ca raportul total de amplificare al aparatului să fie 1 500.

3.7. Aparatele cu pîrghie mecanică. Minimetre

Dintre tipurile de aparate care se bazează pe principiul amplificării prin sisteme de pîrghii cu reazeme în formă de cuțit, cel mai răspîndit este minimetrul cu cuțit inferior mobil (fig. 51), care se compune din: brațul de fixare *1*, tija de palpare *2*, vîrful pentru măsurare, sferic sau plan, *3*, pîrghia de acționare *4*, carcasa *5*, cadranul *6* cu scara gradată *7*, acul indicator *8* și indicii de toleranță *9*. Mecanismul de transmitere și amplificare, montat în interiorul brațului de fixare și al carcasei, este reprezentat în fig. 52 și se compune din: cuțitul inferior mobil *2*, sprijinit cu o muchie pe tija de palpare *1* și cu cealaltă pe pîrghia *3*, arcul *5* pentru readucerea tijei în poziția inițială, cuțitul superior fix *4* pe care se sprijină pîrghia *3*, cadrul mobil *6* fixat la capetele pîrghiei și terminat cu acul indicator, arcul elicoidal *7* care asigură contactul permanent între pîrghie și vîrful superior al cuțitului mobil. Deplasarea tijei palpatoare se transmite amplificată, prin pîrghia *3*, cuțitul fix *4*, cadrul mobil *6*, la acul indicator, raportul de amplificare fiind egal cu raportul brațelor $\frac{L}{a}$. De obicei lungimea L este de 100 mm, iar distanța a, dintre cele două cuțite se ia 0,1; 0,2; 0,5 sau 1 mm. Rezultă valorile $\frac{100}{0,1} = 1\,000$;

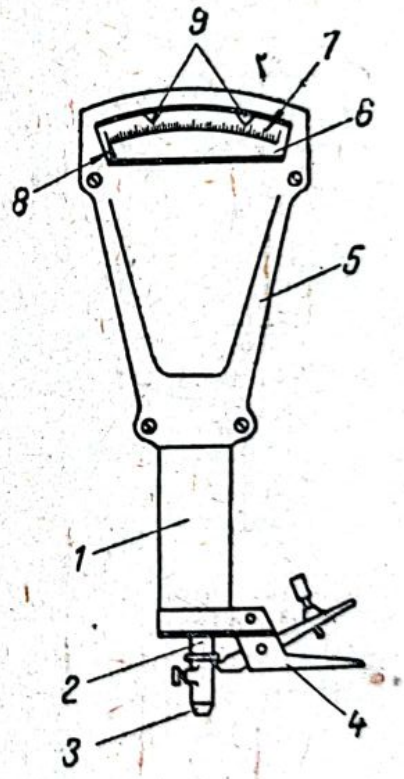


Fig. 51. Minimetrul cu cuțit inferior mobil.

Scanned with CamScanner

$\frac{100}{0,2} = 500$; $\frac{100}{0,5} = 200$; $\frac{100}{1} = 100$ pentru raportul de amplificare, iar pentru valoarea diviziunii $\frac{1}{1\,000}$ mm = 0,001 mm = = 1 μ; $\frac{1}{500}$ mm = 2μ; $\frac{1}{200}$ mm = 5μ și $\frac{1}{100}$ mm = 10μ.

Domeniul de măsurare poate fi: ± 0,01 mm; ± 0,02 mm; ± 0,05 mm; ± 0,06 mm; ± 0,1 mm; ± 0,15 mm sau ± 0,30 mm.

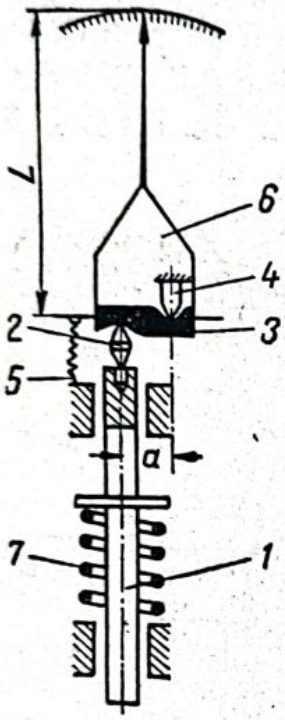


Fig. 52. Mecanismul de transmitere și de amplificare al minimetrului.

Măsurarea cu minimetrul este similară măsurării cu comparatorul. Aparatul se fixează cu brațul de fixare în suport și se reglează cu ajutorul blocului de cale, acționînd însă nu tija aparatului, ci masa suportului prevăzută cu mișcare micrometrică, pînă cînd blocul de cale atinge vîrful tijei palpatoare și acul se așază la zero. După așezarea la zero se ridică ușor tija de palpare cu ajutorul pîrghiei de acționare *4* și se înlocuiește blocul de cale cu piesa de măsurat, citindu-se abaterea pe cadran.

Măsurarea abaterilor de la dimensiunea nominală a diametrelor pieselor cilindrice se face cu ajutorul suportului în formă de șa (fig. 53), în care se fixează minimetrul. Suportul se așază cu cele două fălci *1* pe piesa de măsurat. Reglarea la poziția zero a aparatului se face prin așezarea suportului pe un calibru tampon al cărui diametru este egal cu diametrul nominal al piesei de măsurat și prin deplasarea minimetrului în direcția verticală, acționînd piulița *2*, pînă cînd tija palpatoare vine în contact cu calibrul tampon, acul indicator așezîndu-se la diviziunea zero a scării gradate. Unghiul dintre fălci poate fi de: 30, 60 sau 90°. Corespunzător acestor valori, aparatul indică valoarea întreagă, jumătatea sau 1:5 din valoarea abaterii de măsurat. Obișnuit se alege ultimul caz, înmulțindu-se cu 5 valorile obținute.

Scanned with CamScanner

Din cauza sensibilității lor mari, minimetrele sînt din ce în ce mai puțin folosite și au început să fie înlocuite cu alte aparate, cum sînt cele descrise în continuare.

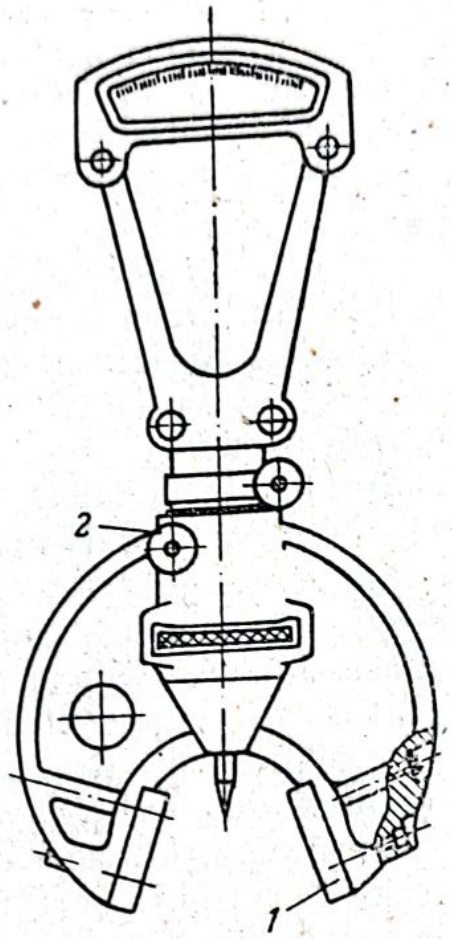


Fig. 53. Suport în formă de șa cu minimetru pentru verificarea pieselor cilindrice.

3.8. Aparate cu pîrghie și cu roți dințate

Din această categorie fac parte aparatele de măsurare cu amplificare mare, obținută prin utilizarea unei combinații de pîrghie cu sector dințat. Ele au în prezent o utilizare largă și precizie superioară de măsurare. Cele mai cunoscute sînt:

Ortotestul (fig. 54) se folosește la măsurarea dimensiunilor pieselor prin metoda comparării cu cale plan-paralele sau cu piese etalon ca și la stabilirea abaterilor de poziție la piese. Schema de funcționare a aparatului, reprezentat în fig. 54, se compune din tija palpatoare *1*, care acționează asupra pîrghiei în formă de Z, *2*, mobilă, în jurul axului *O*. Pîrghia *2* este prevăzută la capătul superior cu un sector dințat *3* care angrenează cu pinionul *4*, pe axul căruia este montat acul indicator *5*. Arcul spiral *6*,

Scanned with CamScanner

montat cu un capăt pe același ax cu pinionul *4* și cu celălalt capăt fixat în suportul mecanismului, servește pentru eliminarea jocului dintre dinții angrenajului. Tija palpatoare este acționată permanent de forța de măsurare produsă de arcul elicoidal *7*.

Raportul de amplificare se calculează cu relația:

$$A = \frac{R}{r} \times \frac{L}{a} = \frac{100}{1} \times \frac{50}{5} = 1\,000,$$

având pentru $R = 100$ mm, $r = 1$ mm, $L = 50$ mm și $a = 5$ mm. Deci, valoarea diviziunii cadranului este de 0,001 mm (1 micron = 1 μ) sau 0,002 mm, iar domeniul de măsurare corespunzător de ± 50 μ sau ± 100 μ.

Numerotarea cadranului este făcută din 5 în 5 μ, respectiv din 10 în 10 μ, de o parte și de alta a reperului zero, care se află la mijlocul scării gradate.

Pentru efectuarea măsurărilor, aparatul se fixează într-un suport cu masă de măsurare și se reglează la zero cu ajutorul unui calibru sau al unui etalon.

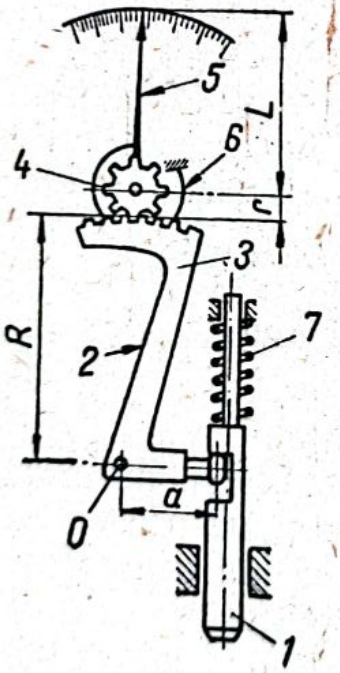


Fig. 54. Schema de funcționare a ortotestului.

Milimessul (fig. 55) este asemănător ortotestului, având mecanismul de transmitere și amplificare bazat tot pe un sistem de pîrghii și roți dințate. Carcasa *1* a aparatului (fig. 55, *a*) este prevăzută cu brațul de fixare în suport *2*. Scara gradată *3*, montată în carcasă, poate fi deplasată în jurul centrului cu ajutorul șurubului *4*. Ridicarea palpatorului se face cu șurubul de palpare *5* sau cu declanșatorul flexibil *7*. Abaterile limită se fizează cu cei doi indici de toleranță *6*, care se pot mișca în orice poziție pe rama carcasei.

Mecanismul de transmitere și amplificare (fig. 55, *b*) se compune din tija palpatoare *1*, care acționează asupra pîrghiei *2*. Pîrghia *2*, mobilă în jurul axului *O*, are capătul superior în formă de sector dințat, care angrenează cu pinionul *3* fixat pe același ax cu sectorul dințat *4*, aflat în angrenare cu pinionul *5* pe al cărui ax este fixat acul indicator *6*. Arcul spiral *7*, fixat cu un capăt în carcasă și cu celălalt pe axul pinionului *5*, servește la eliminarea

Scanned with CamScanner

jocului dintre dinții angrenajelor. Forța de măsurare este dată de arcul elicoidal 8, care, prin intermediul pîrghiei 9, acționează în permanență asupra tijei palpatoare, variind între 150 și 250 gf.

Valoarea diviziunii scării gradate este de 1 μ, iar domeniul de măsurare este de $\pm$ 100 μ sau $\pm$ 50 μ. Numerotarea se face din 10 în 10, de o parte și de alta a reperului

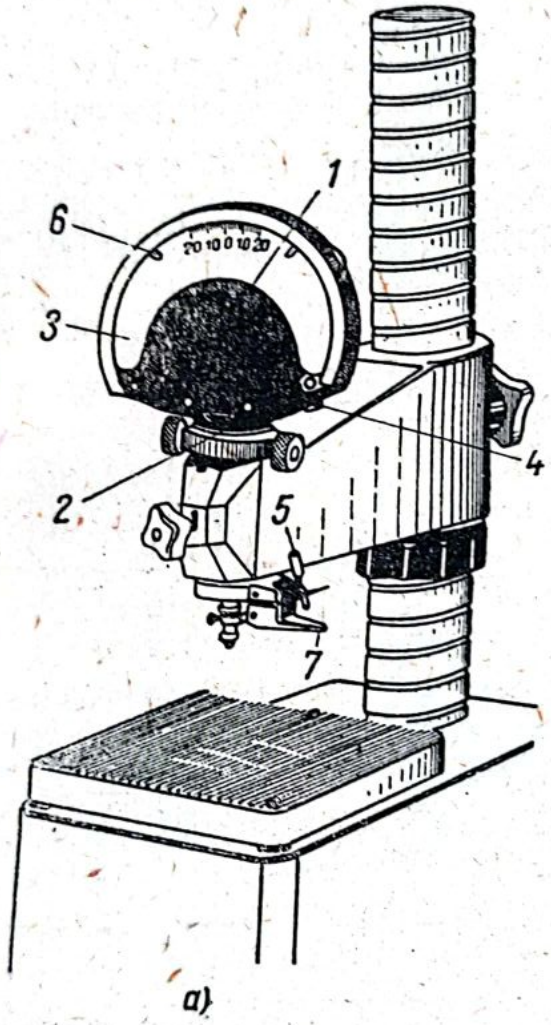
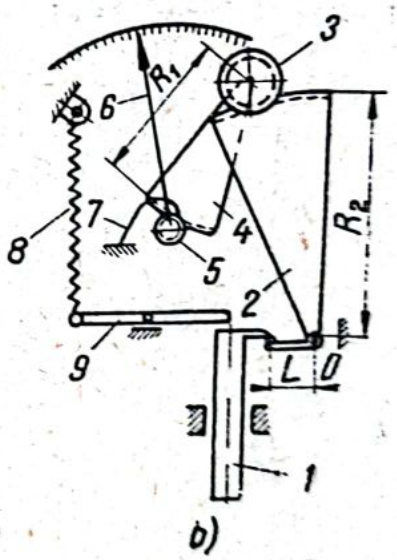


Fig. 55. Milimessul:
a — ansamblul aparatului;
b — schemă de principiu.



zero, aflat la mijlocul scării gradate. Valoarea raportului de amplificare -

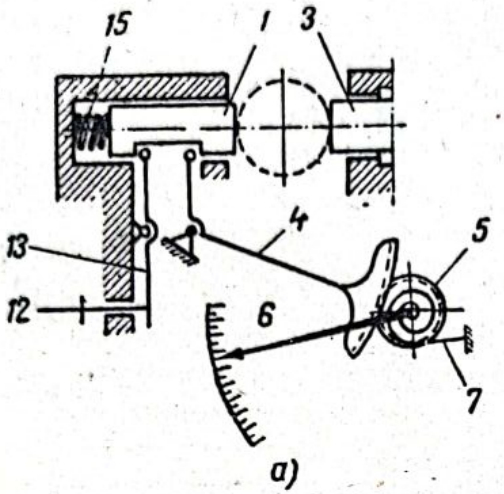
$$R = \frac{L}{a} \cdot \frac{R_1}{r_1} \cdot \frac{R_2}{r_2}$$

(r_1 și r_2 sînt razele pinioanelor *5* și *3*) este de obicei 1 000.

Pentru măsurare, aparatul se fixează în suport pe masa de măsurare, reglîndu-se la zero, ca și ortotestul, cu ajutorul calelor plan-paralele; metoda de măsurare este tot metoda comparării.

Scanned with CamScanner

Pasametrul (fig. 56) servește la măsurarea dimensiunilor exterioare prin comparare cu piese etalon (cale plan-paralele, calibre etc.); este un aparat mecanic asemănător ca formă exterioară micrometrului. Corpul aparatului (fig. 56, *b*)



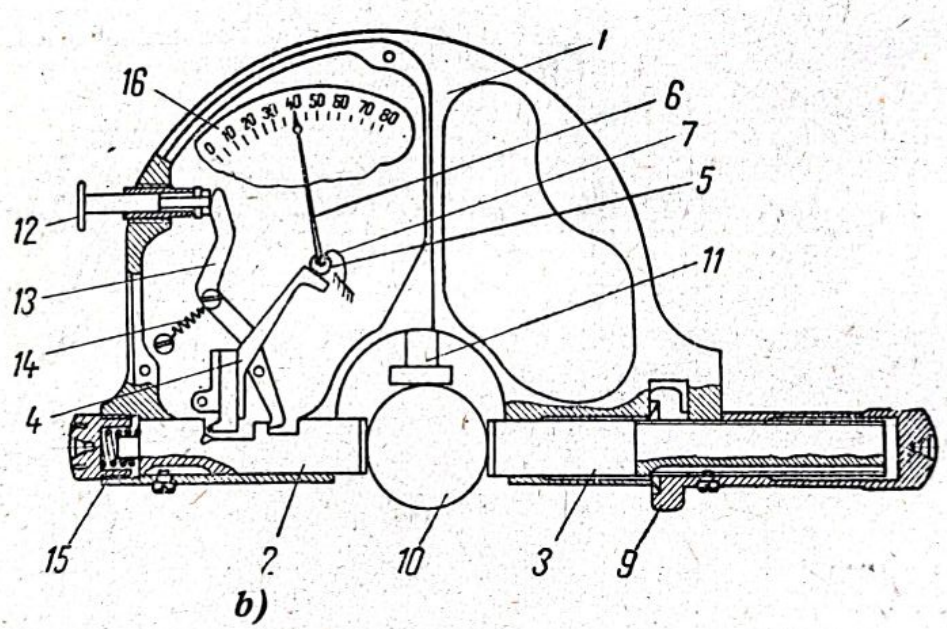


Fig. 56. Pasametrul:
a — secțiune; *b* — schemă de principiu.

constă din potcoava *1* în interiorul căreia este montat un mecanism de transmitere și amplificare, cu pîrghie și roți dințate (fig. 56, *a*). Una dintre suprafețele pentru măsurare o constituie fața din dreapta a nicovalei mobile *2*, iar a doua, fața din stînga a șurubului reglabil *3*. Pîrghia cu brațe neegale *4*, mobilă în jurul unui ax, acționează cu brațul scurt asupra nicovalei palpatoare *2*. Capătul brațului lung este prevăzut cu un sector dințat, care angrenează cu pinionul *5* pe al cărui ax este fixat acul indicator *6*. Pentru preluarea jocului dintre dinții angrenajului se folosește un arc spiral „fir de păr" *7*, fixat cu un capăt pe axul pinionului *5* și cu celălalt, pe potcoava aparatului. Șurubul reglabil *3*

Scanned with CamScanner

se reglează prin rotirea piuliței manșon *8* și se blochează în poziția dorită cu un dispozitiv de blocare *9*. Piesa *10*, a cărei dimensiune trebuie măsurată, se așază între cele două suprafețe de măsurare și se sprijină pe reazemul fix *11*. Pentru palpare, nicovala palpatoare *1* poate fi îndepărtată de piesa *10* prin apăsarea cu degetul pe butonul *12*, care, sub acțiunea permanentă a pîrghiei *13* și a arcului elicoidal *14*, se află în poziția ridicat. Forța de măsurare o creează arcul elicoidal *15*, care împinge nicovala.

Se construiesc pasametre cu limitele de măsurare de 0—25 mm, 25—50 mm, 50—75 mm și 75—100 mm și cu domeniul de măsurare de ± 0,08 mm sau de ± 0,16 mm, valoarea unei diviziuni fiind 0,002 mm, respectiv 0,005 mm. Indicațiile se citesc pe scara gradată *16*, ale cărei repere sînt îndreptate radial către axa de rotație a acului indicator, de o parte și de alta a reperului zero.

Pentru constatarea abaterilor pieselor măsurate de la dimensiunile nominale, aparatul are doi indici de toleranță, care se pot așeza, cu ajutorul unui buton, prin rotire în jurul centrului de rotație al acului indicator.

Reglarea la zero a aparatului se face așezînd blocul de cale între suprafețele de măsurat și acționînd piulița *8* a șurubului reglabil. După așezarea la zero a acului indicator se blochează șurubul reglabil, se așază indicii de toleranță și aparatul este gata pentru măsurarea abaterilor unei serii de piese de aceeași dimensiune nominală.

Micrometrul cu pîrghie este un aparat de măsurare mecanic, care are o construcție asemănătoare cu a pasametrului, față de care prezintă deosebirea că, în locul tijei de reglare, posedă un dispozitiv cu șurub micrometric, ca și micrometrele obișnuite (fig. 57). Potcoava aparatului *1*, care se execută pentru domeniul de măsurare 0—25 mm, sau 25—50 mm, are montat în corpul său mecanismul de acționare a nicovalei mobile *2*. Piesa de măsurat *3*, se așază între nicovală și șurubul micrometric *4*. Mecanismul posedă acul indicator *5*, care se rotește în fața scării gradate *6*, a cărei parte utilă este de ± 0,02 mm, de o parte și de cealaltă a diviziunii zero. Diviziunile scării au valoarea 0,002 mm.

Micrometrul cu pîrghie poate fi folosit: ca micrometru obișnuit, însă cu precizie sporită, prin faptul că tamburul *7* se poate așeza după dimensiunea piesei de măsurat la o diviziune exactă care indică sutimi de milimetru, iar diferența

Scanned with CamScanner

în plus sau în minus, a dimensiunii reale a piesei indicată de ac pe scara gradată, în diviziuni de ordinul a 2 μ, față de valoarea citită cu ajutorul tamburului, îi mărește precizia; ca pasametru, în care caz, cu ajutorul unui bloc de cale se

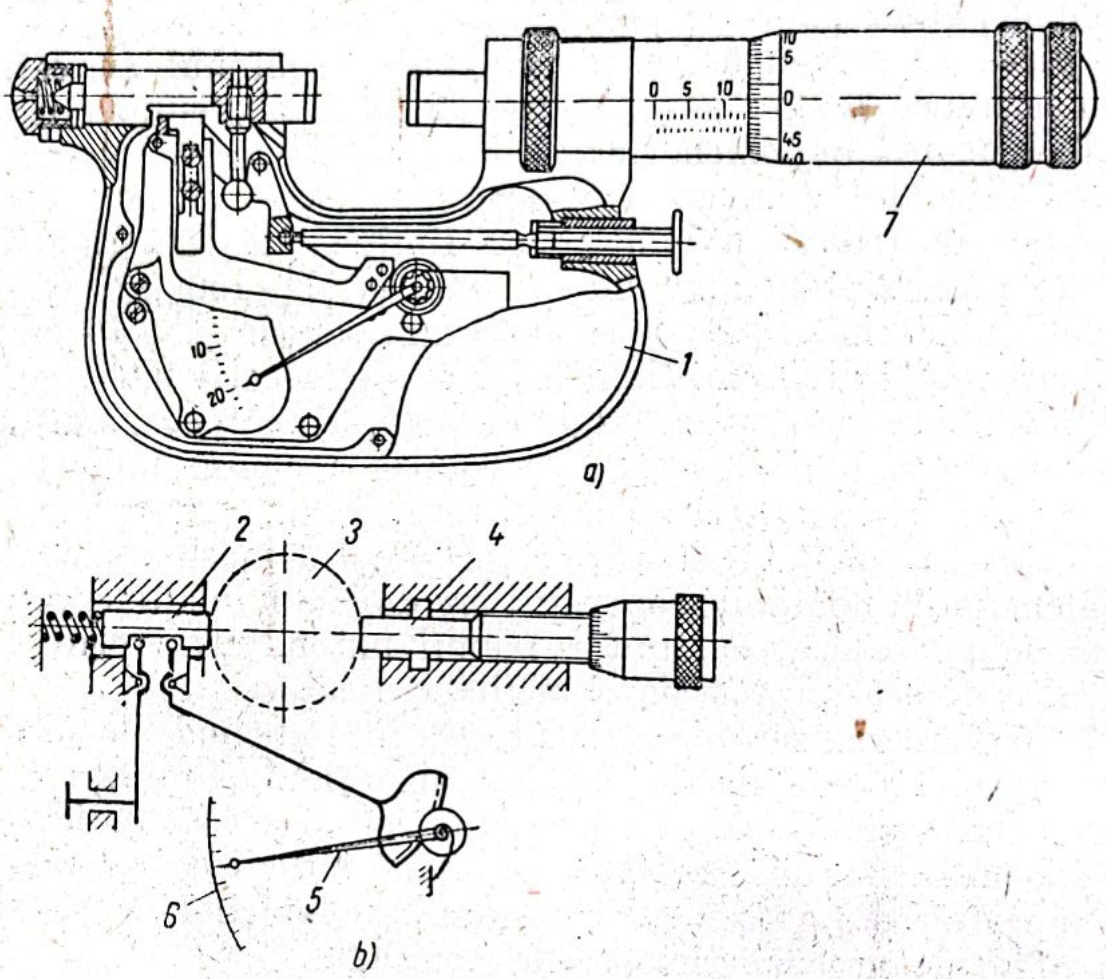


Fig. 57. Micrometrul cu pîrghie:
a — secțiune; *b* — schemă de principiu.

reglează aparatul la dimensiunea nominală și se constată pe scara gradată valorile abaterilor dimensionale ale pieselor măsurate față de dimensiunea nominală. Restul de elemente ale mecanismului și punerea la zero a aparatului sînt aceleași ca și la pasametru.

3.9. Aparate cu amplificare prin arc

Din această categorie de aparate fac parte microcatoarele. Construcția acestor aparate se bazează pe proprietățile elastice ale unui arc. Microcatoarele se deosebesc de celelalte aparate cu amplificare mecanică prin simplitatea construcției și lipsa jocurilor și a frecărilor dintre piese.

Scanned with CamScanner

Microcatorul reprezentat în fig. 58 este format din carcasa *1* și un braț de fixare *2*, ambele suficient de rezistente pentru a putea asigura protecția mecanismului aflat în interiorul lor. Amplificarea fără frecare se obține cu ajutorul

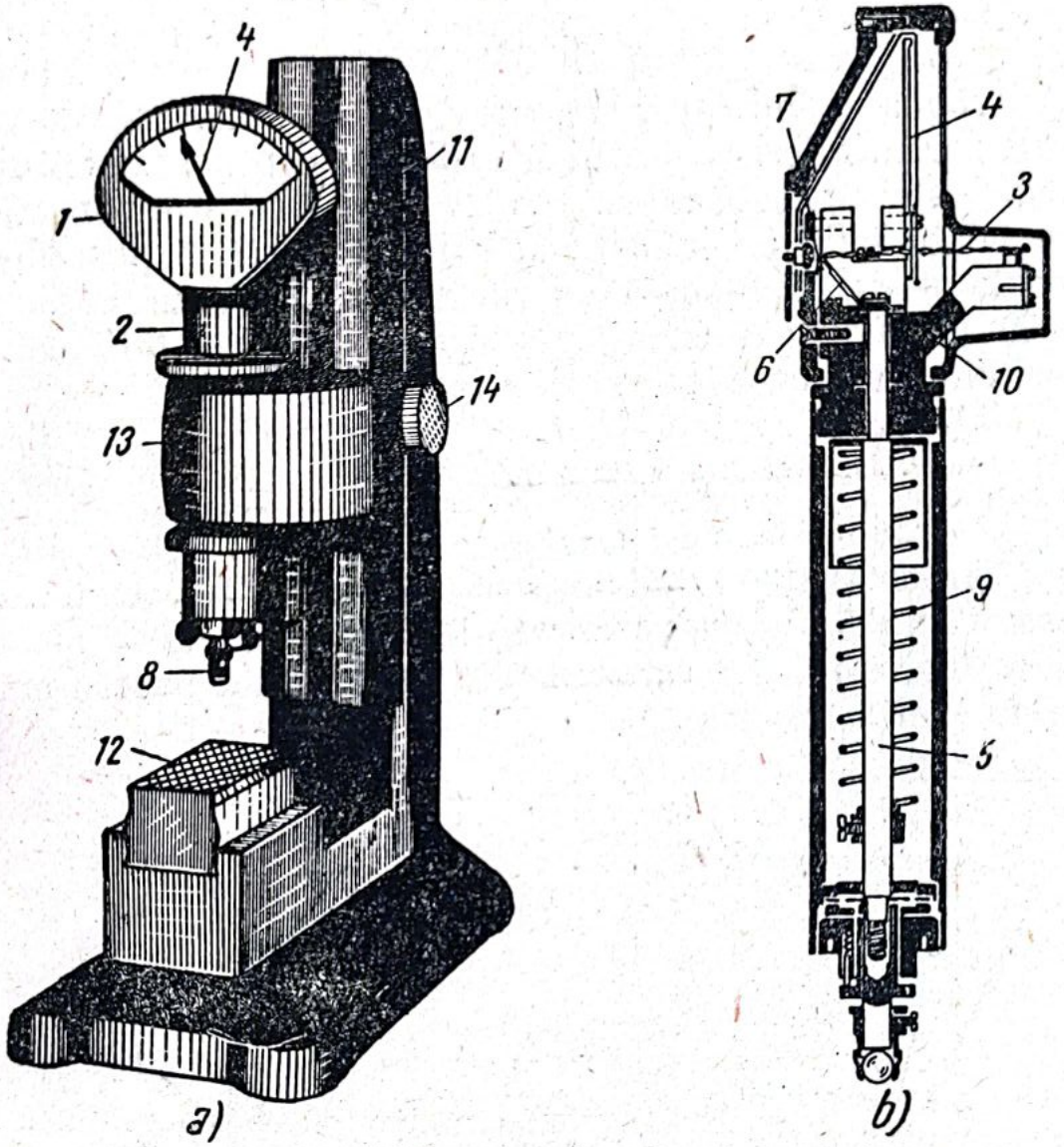


Fig. 58. Microcatorul:
a — vedere din față; *b* — secțiune.

benzii de arc *3*, răsucită, începînd din mijloc spre cele două capete, în două sensuri, o jumătate către dreapta, cealaltă către stînga. În locul de unde începe răsucirea benzii-arc este fixat acul indicator *4*, care se rotește într-un plan perpendicular pe axa benzii, în fața cadranului gradat. Tija palpatoare *5* este legată la capătul superior cu un arc *6*, care face corp comun cu arcul-pîrghie *7*, fixat rigid pe coltarul *10* care servește drept opritor al tijei și este presat în brațul aparatului. La deplasarea în sus a tijei palpatoare, arcul *9* rotește arcul-pîrghie *7*, făcînd ca banda răsucită să se întindă, ceea ce are ca efect rotirea spre dreapta a acului

Scanned with CamScanner

indicator cu un unghi proporţional cu cursa tijei. Prin schimbarea grosimii arcului răsucit şi a construcţiei acestuia se obţin raporturi de amplificare diferite.

Microcatorul este prevăzut cu un dispozitiv de reglare la zero a acului indicator. Ca opritor al tijei palpatoare a microcatorului se foloseşte colţarul *10*. Pentru frînarea mişcării acului indicator este prevăzut un amortizor cu ulei.

Stativul microcatorului se compune din postamentul *11* pe care este montată măsuţa cu nervuri *12* şi din consola *13* care poate culisa vertical cu o coloană fixată în postament. Consola poate fi blocată cu şurubul de presiune *14*.

După felul construcţiei, caracteristicile tehnice ale diferitelor microcatoare sînt următoarele:

Diviziunile scării gradate, μ	0,2	0,5	1	2	5	10
Domeniul de măsurare, ± μ	10	18	30	50	100	200
Numerotarea scării gradate se face din micron în micron	1	5	10	10	50	100

Microcatorul, avînd o serie de calităţi, cum sînt: construcţie simplă, sensibilitate înaltă, lipsa cursei moarte, frecare foarte mică în articulaţii, este utilizat pentru măsurări de înaltă precizie.

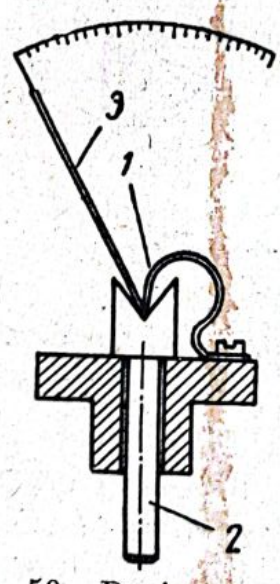


Fig. 59. Decicomparatorul: *1* — arc curbat; *2* — tija palpatoare; *3* — ac indicator.

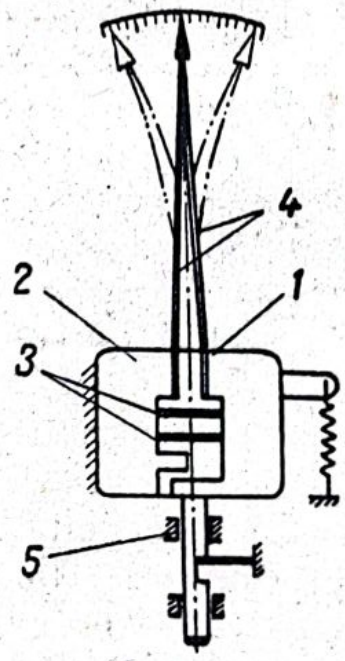


Fig. 60. Microcatorul cu arcuri plane: *1* — cadru mobil; *2* — cadru fix; 3 — arcuri plane orizontale; *4* — arcuri plane verticale formînd şi acul indicator; *5* — tija palpatoare.

Sînt şi alte construcţii de microcatoare, cum sînt: decicomparatorul (fig. 59) şi microcatorul cu arcuri plane (fig. 60), care sînt folosite mai ales în aparatele optico-mecanice şi în cele cu contact electric.

Scanned with CamScanner

3.10. Aparate cu amplificare optică și optico-mecanică

Aparatele optice de măsurare constituie o grupă foarte importantă de aparate destinate măsurărilor de precizie. Dintre acestea, cele mai utilizate în construcția de mașini sînt proiectoarele și microscoapele.

Proiectoarele sînt aparate optice cu ajutorul cărora conturul piesei de verificat, mărit în general de 10—100 ori, este proiectat pe un ecran special pentru observare sau pentru măsurare (fig. 61). Sursa de lumină *1*, așezată în focarul lentilei condensoare *2*, trimite un fascicul de raze paralele la ieșirea lor din lentilă, în calea cărora se interpune piesa de verificat *AB*. Razele care marchează conturul piesei, după trecerea lor prin lentila obiectiv *4*, sînt prinse pe ecranul *5*, unde formează imaginea inversată și mărită *A'B'* a conturului piesei. Conturul piesei proiectat pe ecran se compară cu desenul așezat sau executat direct pe ecran, abaterile putîndu-se măsura și direct, în cazul în care masa port-obiect a aparatului este prevăzută cu mișcări micrometrice în două direcții, formînd între ele un unghi drept.

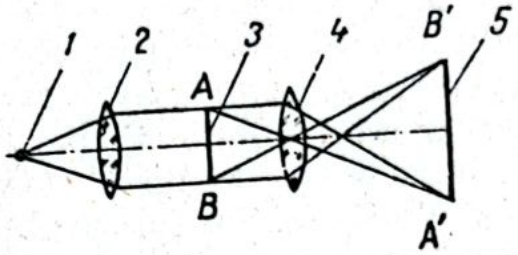


Fig. 61. Schema optică a unui proiector.

Microscoapele de măsurare sînt aparate optice foarte mult utilizate în special pentru măsurarea lungimilor și a unghiurilor. Construcția și mărimea diferitelor tipuri de microscoape sînt foarte variate, principiul fiind însă același, părțile mari componente fiind microscopul propriu-zis și dispozitivele auxiliare, destinate așezării piesei de măsurat într-o poziție convenabilă.

Partea caracteristică a microscopului de măsurare o formează ocularul de măsurare, care este un ocular pozitiv (cu focarul așezat în afara grupului de lentile) și înzestrat cu o sticlă plană, gradată, denumită reticul, așezată în planul focal al ocularului. Obiectul așezat pe masa microscopului formează prin obiectiv o imagine mărită, așezată în același plan cu reticulul, astfel încît imaginea acestuia ca și a reticulului, mărite de ocular, apar în același plan și pot fi comparate. Punerea la punct a ocularului față de reticulul gradat se face prin rotirea la stînga sau la dreapta,

Scanned with CamScanner

potrivit vederii operatorului, a monturii ocularului, gradată în dioptrii.

Microscoapele cu precizie mai mică și cu posibilități mai restrînse de măsurare se numesc *microscoape de atelier*, iar cele cu posibilități mai mari și cu precizie superioară sînt denumite *microscoape universale*.

Microscoapele de atelier pot avea diferite mărimi. Un astfel de microscop (fig. 62) se compune din batiul turnat *1*, așezat pe trei șuruburi de reglare și prevăzut cu nivelă pentru așezarea orizontală. Pe batiu este montată masa de măsurare *2*, care se poate mișca în două direcții perpendiculare, în planul ei, cu ajutorul șuruburilor micrometrice cu tambur *3*, prevăzute cu diviziuni de 0,005 mm, a căror cursă este de 25 mm. Cursa totală a mesei (care se poate utiliza prin folosirea calelor plan-paralele) este de 150 mm în sens longitudinal și de 75 mm în sens transversal. Partea superioară a mesei, prevăzută cu o placă de sticlă prin care străbate lumina de la un dispozitiv de iluminat așezat în corpul

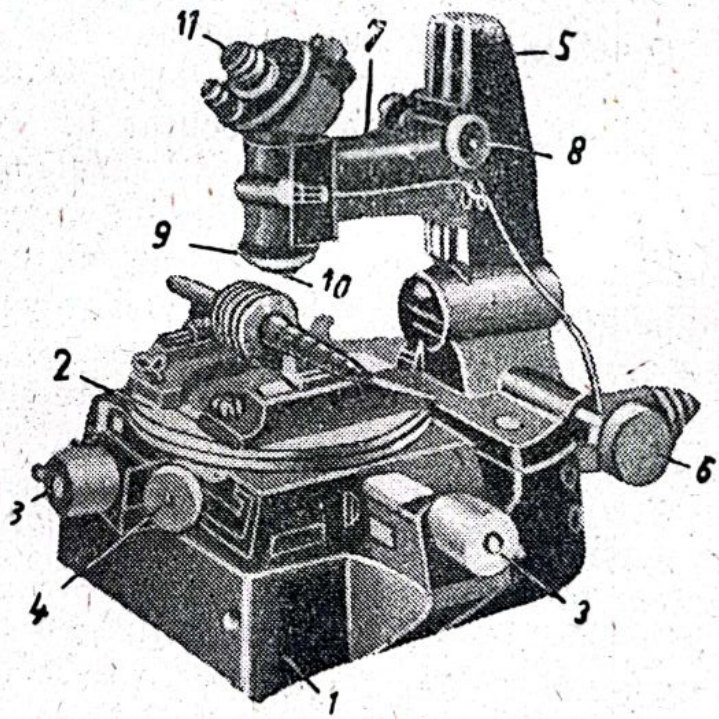


Fig. 62. Microscop de atelier.

batiului, poate executa o mișcare completă de rotație prin acționarea șurubului *4* prevăzut cu vernier, care permite citiri unghiulare pînă la 3′. În spatele mesei este articulată la batiu coloana *5* pe care culisează suportul *7* al microscopului propriu-zis. Mișcarea suportului *7* se face cu aju-

Scanned with CamScanner

torul tamburului *8* al unui mecanism pinion-cremalieră. Prin rotirea unui șurub cu ajutorul tamburului *6*, coloana *5* poate fi înclinată la dreapta sau la stînga cu 12°30′ față de verticală. Această deplasare, a cărei valoare se poate citi pe o scară gradată în diviziuni de 30′, este necesară pentru verificarea unghiurilor de înclinare la filete. Mișcarea fină a microscopului propriu-zis se obține prin rotirea piuliței *9*. Microscopul propriu-zis constă din obiectivul *10* și din ocularul *11*. Schema optică a microscopului propriu-zis este reprezentată în fig. 63. Razele de lumină emise de sursa *1*

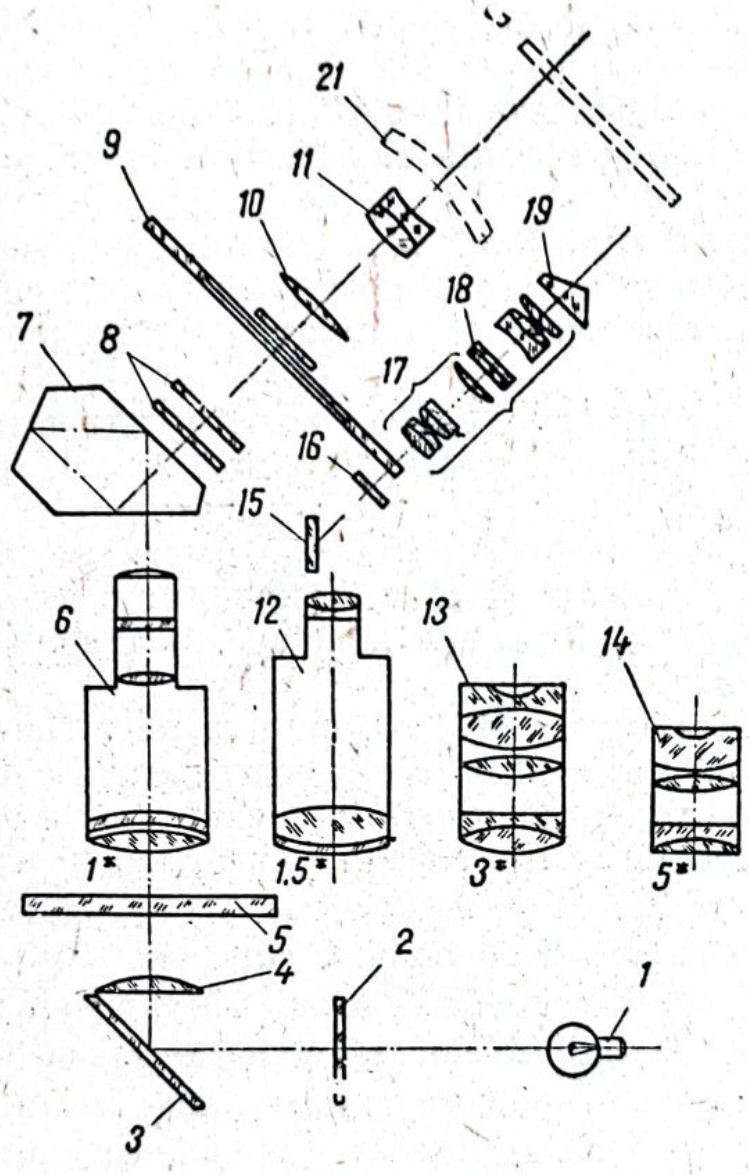


Fig. 63. Schema optică a microscopului de atelier.

trec prin filtrul de culoare *2*, se reflectă pe oglinda *3*, iar condensatorul *4* le concentrează asupra piesei de cercetat, așezate pe măsuța *5*, care este luminată intens. În continuare,

Scanned with CamScanner

razele de lumină trec prin obiectivul *6*, prisma *7* și sticlele de protecție *8*, formînd imaginea reală și mărită a conturului piesei în planul focal al ocularului, unde se găsește reticulul de măsurat *9* al aparatului.

Din ocularul format din lentilele *10* și *11* intră în ochiul operatorului și formează o imagine virtuală mult mărită a conturului piesei de măsurat. Reticulul *9* este iluminat cu ajutorul oglinzii *15*, *16* fiind filtru de lumină.

Pentru a mări posibilitățile de măsurare, aparatul este dotat cu patru obiective *6*, *12*, *13* și *14*.

Ocularele complexe, numite și capete ocular, sînt de asemenea de mai multe feluri. În fig. 64 este reprezentată vederea unui cap-ocular universal, care se compune din: suportul *1*, ocularul propriu-zis *2*, luneta de citire *3*, oglinda *4* pentru luminarea reticulului și șurubul *5* pentru rotirea reticulului.

Pe reticul (fig. 64, *b*) sînt trasate două fire reticulare, centrale, perpendiculare. Acestea sînt trasate cu linii întrerupte, pentru a ușura suprapunerea lor pe marginea unei piese.

Citirea unghiurilor se face observînd reperul de grade, care apare în dreptul scării minutelor. Astfel, în fig. 64, *c*, citirea este de 121°34′.

Capul ocular revolver (fig. 65, *a*) servește la măsurarea elementelor filetelor și se compune din ocularul propriu-zis *1* și corpul *2* montat excentric față de axa optică a ocularului propriu-zis.

Reticulul (fig. 65, *b*) se află montat în interiorul corpului, în planul focal al ocularului, și poartă gravate diferite profile de filet sau de racorduri, după cum este un cap revolver pentru elemente de filet, ca în figură, sau un cap revolver pentru racordări.

Pentru măsurări cu precizie superioară, pînă la zecimi de micron, ale pieselor cu dimensiuni mai mari și cu forme complicate, laboratoarele uzinelor sînt dotate cu microscoape universale, care nu se deosebesc principial de cele de atelier, decît prin aceea că măsurarea dimensiunii căutate se face cu un sistem optic, însă au dimensiuni mai mari și sînt echipate cu mult mai multe dispozitive auxiliare.

Executarea măsurărilor cu microscoape cere din partea operatorului un minimum de cunoștințe teoretice și respectarea anumitor reguli pentru a se evita citirile eronate. În

Scanned with CamScanner

orice caz, trebuie avut în vedere ca: piesele care posedă o suprafață plană de așezare să se fixeze prin eclise pe masa aparatului, piesele de revoluție și cu diametre pînă la 80 mm să se controleze între vîrfuri, piesele cu diametre mari să se așeze pe prismele speciale ale aparatului etc. Iluminarea

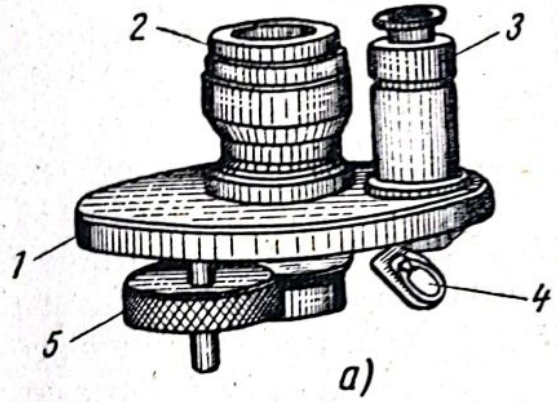
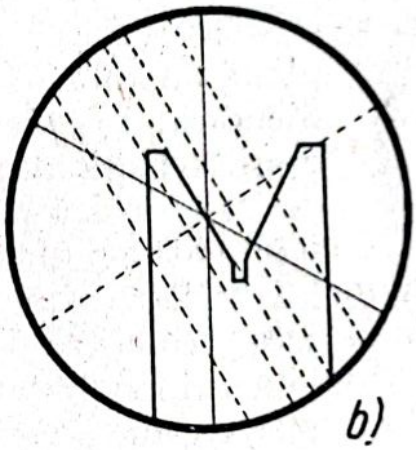
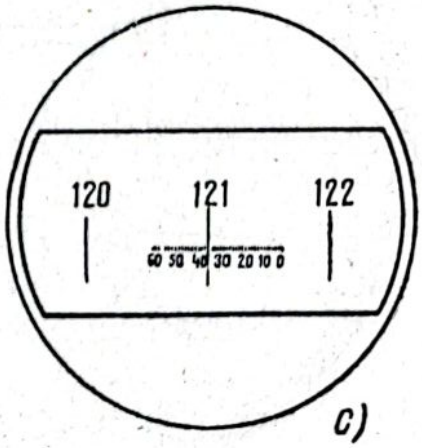


Fig. 64. Cap ocular universal:
a — vedere; *b* — reticul; *c* — citire unghiulară.



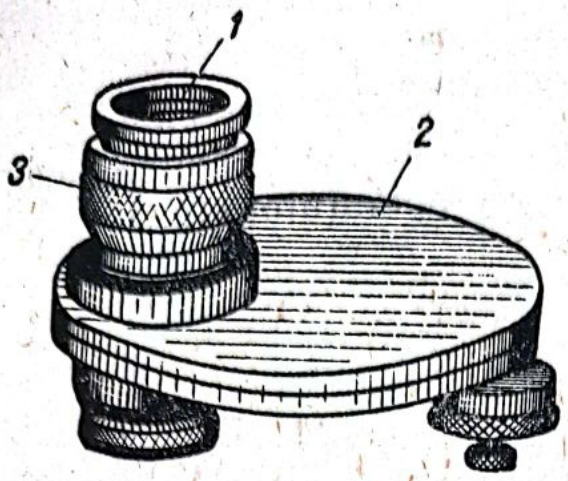


trebuie să fie optimă, iar punerea la punct și focalizarea aparatului trebuie făcute corect, situație la care se ajunge după oarecare exersare. Pe cît posibil, trebuie căutat ca latura piesei de măsurat să coincidă cu axul firului reticular.

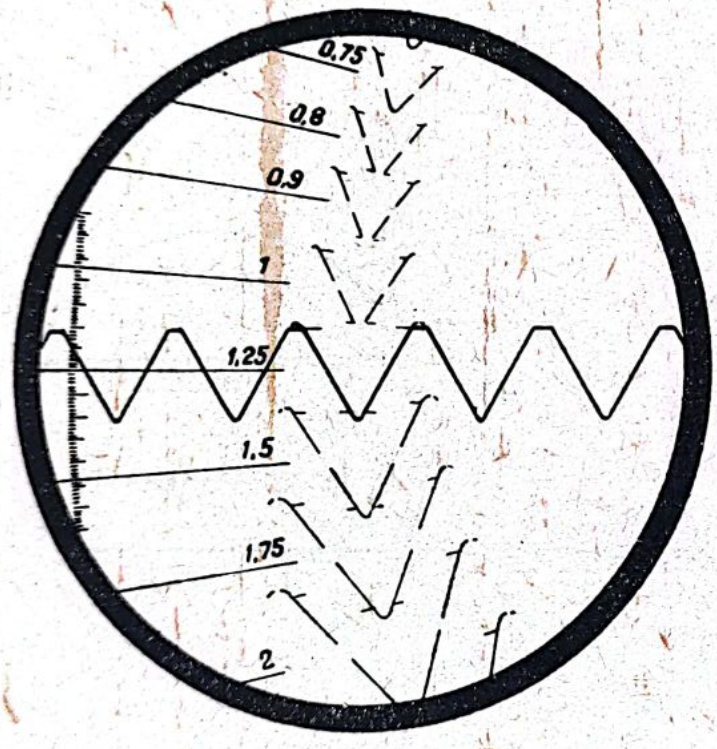
Aparatele optico-mecanice de măsurare, avînd pîrghie optică, sînt aparate care folosesc, în locul pîrghiei mecanice pentru amplificare, o amplificare optică, utilizînd principiul colimației și al autocolimației.

Autocolimație se numește proprietatea unui obiectiv de a transforma un fascicul de raze de lumină provenite de la o sursă luminoasă, așezată în focarul său, într-un fascicul paralel și apoi de a concentra din nou acest fascicul în același

Scanned with CamScanner



a)



b)

Fig. 65. Capul ocular revolver:
a — vedere; *b* — reticulul cu imaginea profilului.

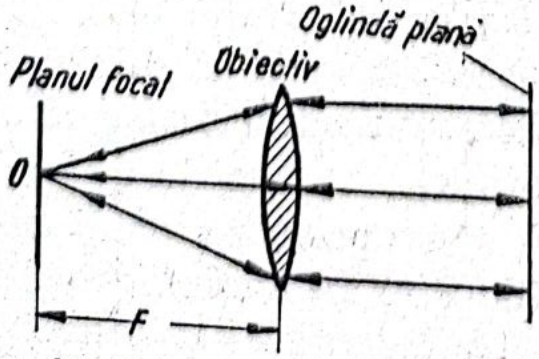


Fig. 66. Principiul autocolimației.

focar al obiectivului. Dacă sursa luminoasă se află în focarul obiectivului (fig. 66), atunci raza care coincide cu axa optică principală trece prin obiectiv fără a se reflecta, iar celelalte raze, după ce se reflectă, se propagă paralel cu axa optică principală. Dacă sursa luminoasă nu coincide cu focarul *O* atunci imaginea prezintă o mică deplasare în planul perpendicular pe axa optică principală sau dacă oglinda plană nu este perpendiculară, ci prezintă o mică înclinație față de axa optică principală, atunci fasciculul reflectat nu mai este concentrat în punctul de plecare, ci într-un alt punct deviat față de acesta.

Cele mai importante aparate cu pîrghie optică, care folosesc autocolimația, sînt optimetrele și ultraoptimetrele. Optimetrele sînt aparate compuse dintr-un tub în unghi drept, în care se află montate partea optică și partea mecanică. Schematic, un asemenea aparat (fig. 67) are următoarele

Scanned with CamScanner

părți componente: tija palpatoare *1* care se sprijină pe oglinda mobilă *2*, obiectivul *3*, prisma cu reflecție totală *4*, reticulul *R* care poartă scara gradată în 200 diviziuni, ± 100 microni de o parte și de cealaltă a diviziunii centrale zero, un dispo-

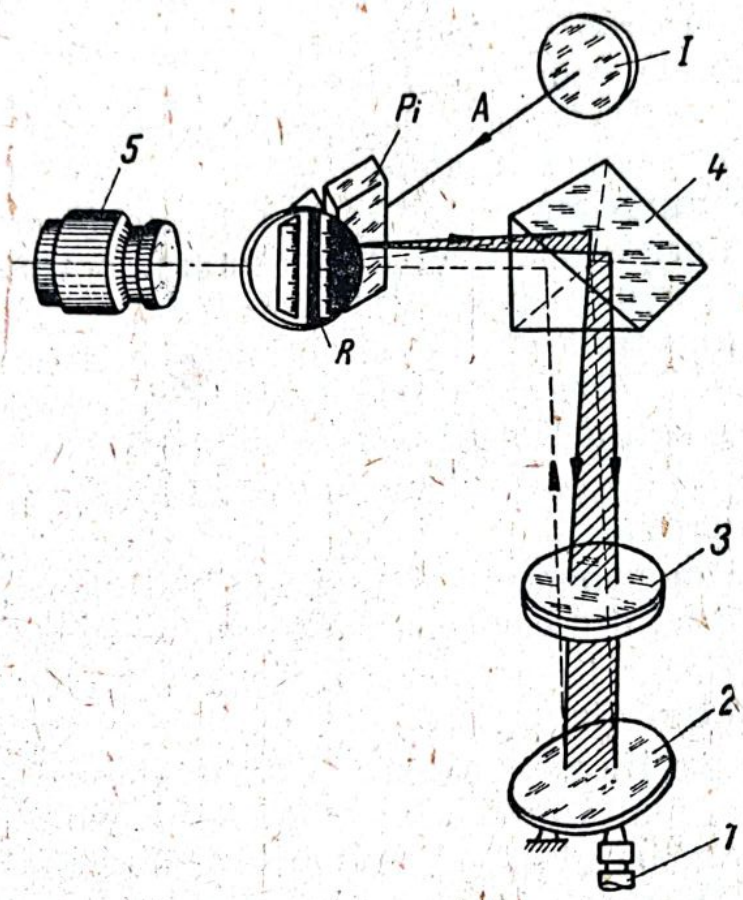


Fig. 67. Reprezentarea schematică a optimetrului.

zitiv de iluminat *I* de la care lumina pătrunde din direcția săgeții *A* în prisma de iluminat P_i care acoperă jumătatea cu scară gradată a reticulului și ocularul *5* prin care se vede imaginea scării și un indice central.

Razele de lumină sînt reflectate de prisma P_i în reticul care iluminează scara gradată. De aici, prin prisma *4* care le deviază la 90°, ajung la obiectivul *3* care le trimite sub formă de fascicul paralel pe oglinda *2*. După reflexia pe oglindă, fasciculul se întoarce, formînd pe reticul imaginea scării gradate. Fiindcă sursa luminoasă nu trimite razele central, imaginea reticulului se formează pe jumătatea reticulului neacoperită de prisma de iluminat. Dacă oglinda nu este rotită, atunci reperul zero al imaginii scării coincide cu indicele fix. Dacă, sub acțiunea tijei palpatoare, oglinda este rotită corespunzător abaterii pe care dimensiunea piesei de verificat o prezintă față de dimensiunea celei etalon, scara

Scanned with CamScanner

apare deplasată, astfel încît alt reper al său coincide cu indicele fix care marchează abaterea.

Raportul total de amplificare este aproximativ 1 000, deci o deplasare de 1 μ a tijei palpatoare apare prin ocular de aproximativ 1 mm. Domeniul total de măsurare este de $\pm$ 0,1 mm, eroarea pe toată scara avînd valoarea 0,3 μ.

Optimetrele, montate vertical pe suport, sînt denumite *optimetre verticale*, iar cele montate orizontal pe suport sînt denumite *optimetre orizontale*.

Pentru urmărirea comodă și concomitentă de către mai mulți operatori a operației de măsurare, optimetrele sînt prevăzute cu dispozitive de proiecție.

Ultraoptimetrele sînt, ca și optimetrele, aparate comparatoare pentru măsurarea lungimilor construite pe același principiu al colimației și autocolimației. Diviziunile lor au valoarea de 0,2 μ iar domeniul de măsurare fiind numai de $\pm$ 83 microni.

Atît ultraoptimetrele cît și optimetrele sînt aparate foarte sensibile, din care cauză ele trebuie să fie așezate în locuri speciale, ferite de vibrații, iar manevrarea lor trebuie făcută cu multă atenție.

Pentru verificarea calelor plan-paralele ca și pentru măsurări de înaltă precizie se folosesc aparatele numite *interferometre*, bazate pe principiul interferenței razelor luminoase. Pentru cale pînă la ordinul I, cu dimensiuni pînă la 150 mm, servește interferometrul pentru măsurări comparative. Pentru calele de ordinul I se folosește interferometrul pentru măsurări absolute.

Măsurările efectuate cu interferometrele sînt obișnuit măsurări de laborator, efectuate de metrologi experimentați și cu respectarea prescripțiilor de temperatură constantă.

3.11. Mașini și aparate mecanice și optice pentru măsurări directe

Măsurarea precisă a lungimilor mari în construcția de mașini se execută în modul cel mai rațional cu ajutorul mașinilor de măsurat. Aceste mașini, deși pot efectua și măsurări prin comparare, sînt totuși proprii pentru măsurările directe. În general se deosebesc două tipuri de asemenea mașini, mecanice și optice.

Scanned with CamScanner

Una dintre cele mai obișnuite mașini mecanice de măsurare este mașina reprezentată în fig. 68, ale cărei părți principale sînt: batiul turnat *1*, cu șuruburile de reglare *2*; păpușa fixă *3* prevăzută cu un mecanism cu pîrghie cu arc

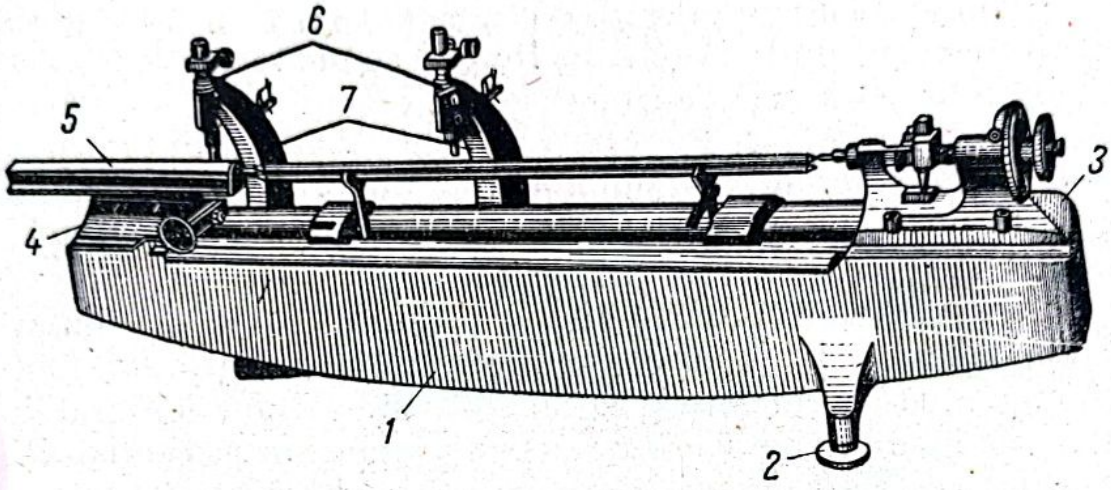


Fig. 68. Mașina mecanică de măsurare cu două microscoape.

care se folosește pentru reglarea forței de măsurare și pentru citirea abaterilor dimensiunii pieselor de la dimensiunea piesei etalon în cazul în care se lucrează prin comparație; păpușa mobilă *4* care se poate deplasa cu ajutorul unei roți cu cremalieră de-a lungul ghidajelor paralele ale batiului și care poartă la rîndul său rigla mobilă *5* și un vîrf de palpare fix; suporturile *6* care se pot fixa rigid pe partea posterioară a batiului, la o distanță reglabilă egală cu lungimea maximă a riglei mobile; două microscoape de citire *7* prevăzute cu oculare micrometrice.

Mașini de acest tip se construiesc obișnuit pentru domeniile de măsurare de: 0—500 mm; 0—1 000 mm; 0—2 000 mm, fiind prevăzute cu rigle mobile de: 250 mm, 500 mm și 1 000 mm. Datorită faptului că cele două microscoape se pot așeza la o distanță egală cu lungimea riglei, distanță căreia i se adaugă la nevoie lungimea totală a riglei, se pot realiza măsurări de lungimi pînă la maximum de două ori lungimea riglei, cu precizie de 0,001 mm corespunzătoare gradației mecanismului cu pîrghie și ocularelor micrometrice ale celor două microscoape.

Există și alte tipuri de mașini mecanice de măsurare, cu diferite domenii de măsurare, care pot depăși 10 m.

Scanned with CamScanner

Una dintre cele mai obișnuite mașini optice de măsurare este cea reprezentată în fig. 69. O astfel de mașină se compune din batiul *1* prevăzut cu două ghidaje prismatice, pe care se află păpușile mobile *2* și *3*, care pot culisa și pot fi fixate pe prismele batiului.

Păpușa *2* este prevăzută cu pinola *4*, care se poate deplasa cu ajutorul șurubului de avans fin *8* și se poate așeza la orice distanță de-a lungul celor două ghidaje prismatice ale batiului față de păpușa *3*. Păpușa *3* se poate deplasa numai pe o distanță de 150 mm, prin manevrarea unei roți cu cremalieră și a șurubului pentru avans fin *7*, fiind prevăzută cu optimetrul *5* și cu microscopul de citire *6*.

Partea optică propriu-zisă a mașinii constă din obiectivele identice *11* și *12* și prismele cu reflecție totală *13* și *14*, afectate fiecărei păpuși cu care execută solidar deplasarea. O scară gradată pe sticlă, *9*, cu diviziuni de ordinul milimetrilor, este fixată pe batiul mașinii. În același plan cu scara gradată sînt montate pe batiu la distanțe egale cu 100 mm lamele de sticlă *10*, prevăzute cu numerele de ordine: 0, 1, 2,..., de la dreapta către stînga și cu cîte două repere, astfel încît toate reperele să fie așezate în planul focal al obiectivelor *11* și *12*.

Un bec electric montat în păpușa *2* trimite prin lama de sticlă *10* a batiului, în dreptul căreia se așază păpușa, un fascicul de raze, care, căzînd pe fața de reflexie a prismei *13*, se reflectă în direcție orizontală către obiectivul *11*, de unde, sub formă de fascicul paralel, ajunge în obiectivul *12*. Acesta concentrează din nou fasciculul, care, după reflexie în prisma *14*, ajunge la scara gradată *9*, făcînd să i se suprapună imaginea reperului dublu și numărul de ordine al plăcuței *10*, toate acestea putîndu-se observa prin ocularul microscopului *6*.

Așezarea pe mașină a piesei de măsurat se face prin intermediul unei mese portobiect, capetele periei fiind palpate cu pinola *4* și respectiv cu tija de palpare a optimetrului.

Înainte de a efectua o măsurare se reglează mașina la zero, adică se așază păpușa *2* deasupra lamei de sticlă *10* corespunzătoare ordinului zero și, prin învîrtirea șurubului micrometric *7*, se așază reperul zero al scării *9* la mijlocul distanței dintre cele două linii ale reperului dublu al plăcii *10*, privindu-se prin ocularul optimetrului, și prin rotirea șurubului *8* al pinolei se face ca indicația optimetrului să fie zero, poziția în care se fixează pinola.

Scanned with CamScanner

Măsurarea se face așezînd păpușa *2* deasupra lamei de sticlă al cărei număr de ordine indică numărul sutelor de milimetri pe care îl are lungimea de măsurat, prin punerea în coincidență a reperului fix exterior al păpușii *2* cu reperul

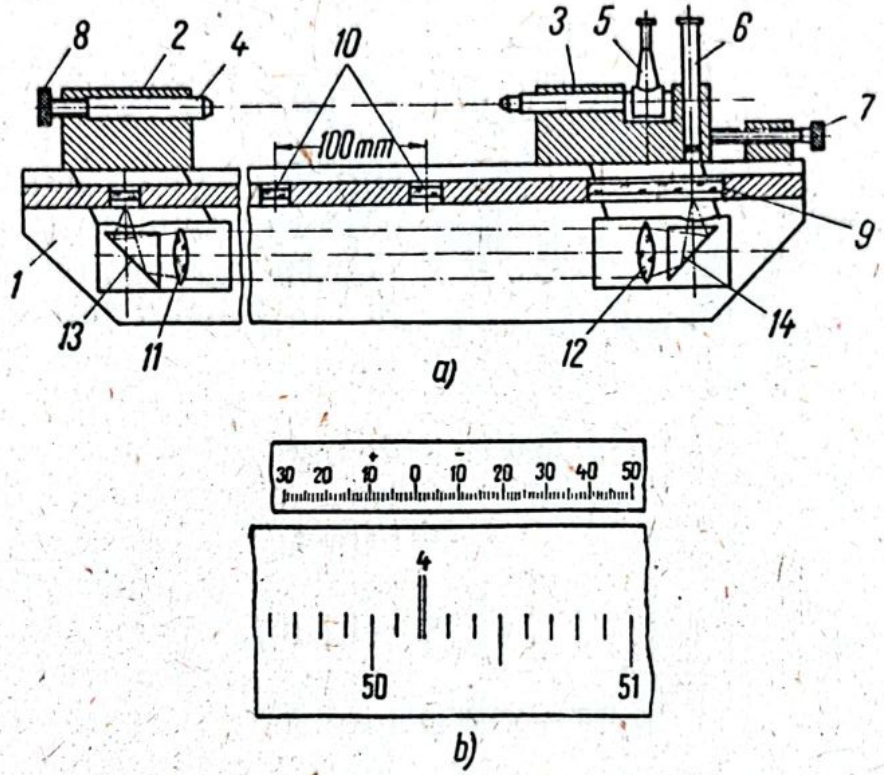


Fig. 69. Mașina optică de măsurare:
a — reprezentarea schematică; *b* — exemplu de citire.

corespunzător sticlei *10*, marcat pe batiul mașinii. Se așază apoi piesa de măsurat pe masa portobiect cu capătul din stînga lipit de pinolă și se apropie păpușa *3*, punîndu-se în contact tija de palpare a optimetrului cu capătul din dreapta al piesei. Se deplasează apoi păpușa *3* cu ajutorul șurubului *7* pînă la aducerea în coincidență a reperului dublu cu cel mai apropiat reper al scării gradate *9*. Se citește în sfîrșit dimensiunea măsurată, astfel încî cifra sutelor de mm corespunde numărului de ordine al plăcii *10*, zecile de mm, milimetrili întregi și zecimile de milimetru se citesc prin microscop pe scara gradată *9*, iar sutimile și miimile de milimetru se citesc pe scara optimetrului. În fig. 69, *b* se citește dimensiunea 450,2 mm prin microscop și — 0,003 mm prin optimetru, de unde lungimea măsurată va fi $L = 450{,}2 - 0{,}003 = 450{,}197$ mm.

Dacă după fixarea unei dimensiuni etalon nu se lucrează cu partea optică a mașinii, ci numai cu optimetrul, se pot face măsurări și prin comparare.

Scanned with CamScanner

Tot mașini optice de măsurare, însă de dimensiuni reduse, pot fi considerate și aparatele de măsurarea lungimii de tip Abbé, construite pe principiul așezării în prelungire a mărimilor care se compară. Aceste aparate sînt de două tipuri verticale și orizontale.

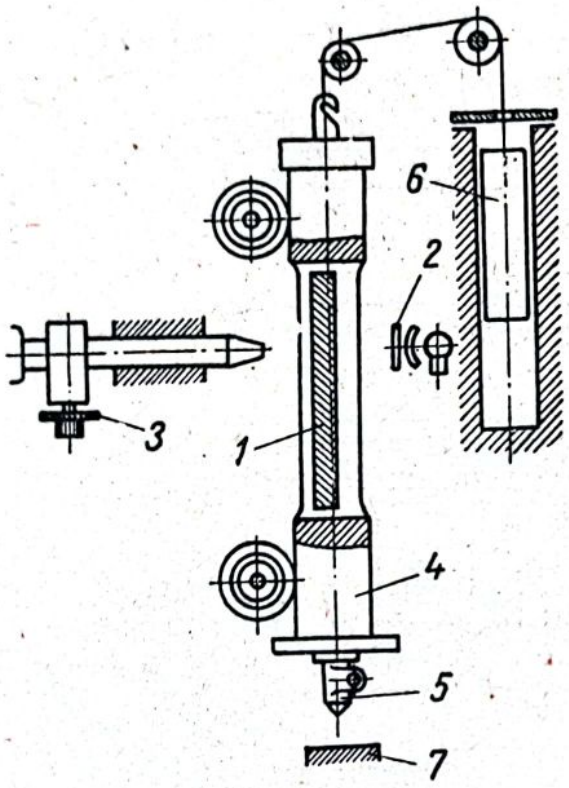


Fig. 70. Aparat de măsurare a lungimii, de tip vertical.

Aparatele de măsurarea lungimii, de tip vertical (fig. 70), se bazează pe următorul principiu: o scară pentru măsurarea gradată în milimetri de la 0 la 100 mm pe o placă de sticlă *1*, este fixată rigid pe axul de măsurare *4* al aparatului, în capătul căruia se află tija palpatoare *5*. Ansamblul axului central este echilibrat prin contragreutatea *6*. Scara gradată, iluminată din spate de instalația de iluminat *2*, este observată prin ocularul micrometric *3*.

Pentru executarea unei măsurări se citește întîi indicația aparatului în poziția cu tija de palpare în contact cu fața activă a mesei pentru măsurare *7*. Se ridică axul central al aparatului, se așază piesa de măsurat pe masa *7* și se citește noua indicație a aparatului în situația cu tija palpatoare în contact cu extremitatea superioară a piesei de măsurat. Rezultatul măsurării este diferența dintre valorile celor două citiri. Pentru măsurarea pieselor cu lungimi cuprinse între 100 și 200 mm se reglează aparatul la zero după o cală de 100 mm, a cărei lungime se adaugă la valoarea indicată de aparat.

Aparatul de măsurare a lungimii, tip orizontal (fig. 71), bazat pe același principiu ca și cel vertical, constă din: stativul rigid *1* prevăzut cu un suport rigid pe care sînt fixate două microscoape, unul pentru vizare, *2*, și al doilea, pentru citire, *3*. Măsurarea lungimilor se face direct cu ajutorul celor două microscoape și a unei rigle gradate în mm de la 0 la

Scanned with CamScanner

200 mm care se deplasează împreună cu masa de măsurare *5* în fața microscopului de citire *3*.

Pentru efectuarea unei măsurări se așază piesa de măsurat pe măsuța mobilă *5*, în prelungirea riglei gradate. După slăbirea șurubului de blocare *6* se deplasează măsuța *5*, prin rotirea șurubului micrometric *7*, pînă cînd extremitatea din stînga a piesei de măsurat coincide cu reperul fix al microscopului de observare. În această poziție se face prima citire la microscopul de citire *3*.

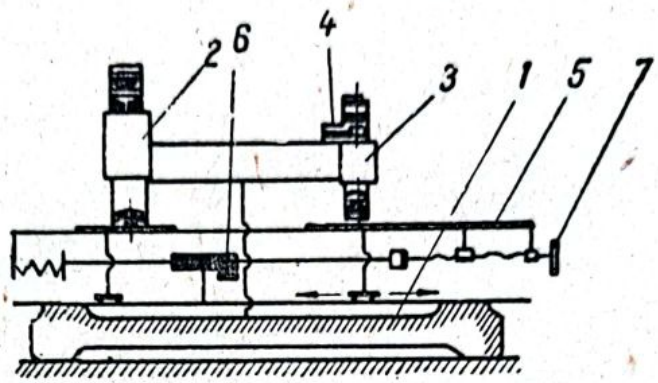


Fig. 71. Aparat de măsurare a lungimii, de tip orizontal.

Masa se deplasează în continuare pînă cînd extremitatea din dreapta a piesei de măsurat coincide cu reperul fix (firul reticular) al microscopului *2* și se face a doua citire. Rezultatul măsurării este diferența celor două citiri.

Cursa șurubului micrometric fiind de 100 mm, iar lungimea riglei gradate de 200 mm, se pot face măsurări pînă la 100 mm, fără etaloane auxiliare, și pînă la 200 mm, prin utilizarea unei cale etalon de 100 mm.

Atît aparatele de măsurare a lungimii descrise cît și multe din microscoapele de măsurare sînt echipate cu oculare de măsurare cu vernier spiral. Un microscop cu vernier spiral (fig. 72) se compune din ocularul *1* și două plăci de sticlă, cea inferioară, *2*, fixă și alta superioară, *3*, mobilă, putîndu-se roti prin acționarea tamburului *4*. Fața superioară a plăcii fixe este prevăzută cu scara rectilinie *5* avînd lungimea de 1 mm, divizată în 10 părți egale de cîte 0,1 mm și numerotată cu 0, 1, 2,..., 10. Fața interioară a plăcii mobile poartă gravată scara *6*, care constă din două spirale foarte apropiate, precum și scara circulară *7* cu 100 diviziuni marcate din 5 în 5. Fețele prevăzute cu scări ale celor două plăci de sticlă se află în planul focal al ocularului unde se formează și imaginea scării milimetrice a riglei aparatului de măsurare, astfel încît observată prin ocularul *1*, imaginea completă apare ca în fig. 72, *b*.

Pasul spiralei este de 0,1 mm, ceea ce înseamnă că reperul orizontal *5* va putea indica pe scara circulară *7* între

Scanned with CamScanner

0 și 100 de miimi de milimetru. În aceste condiții, pentru efectuarea unei citiri se rotește placa *3* pînă cînd un reper al scării milimetrice, aflat între 0 și 10 al scării rectilinii, se găsește la jumătatea distanței între două spirale pereche

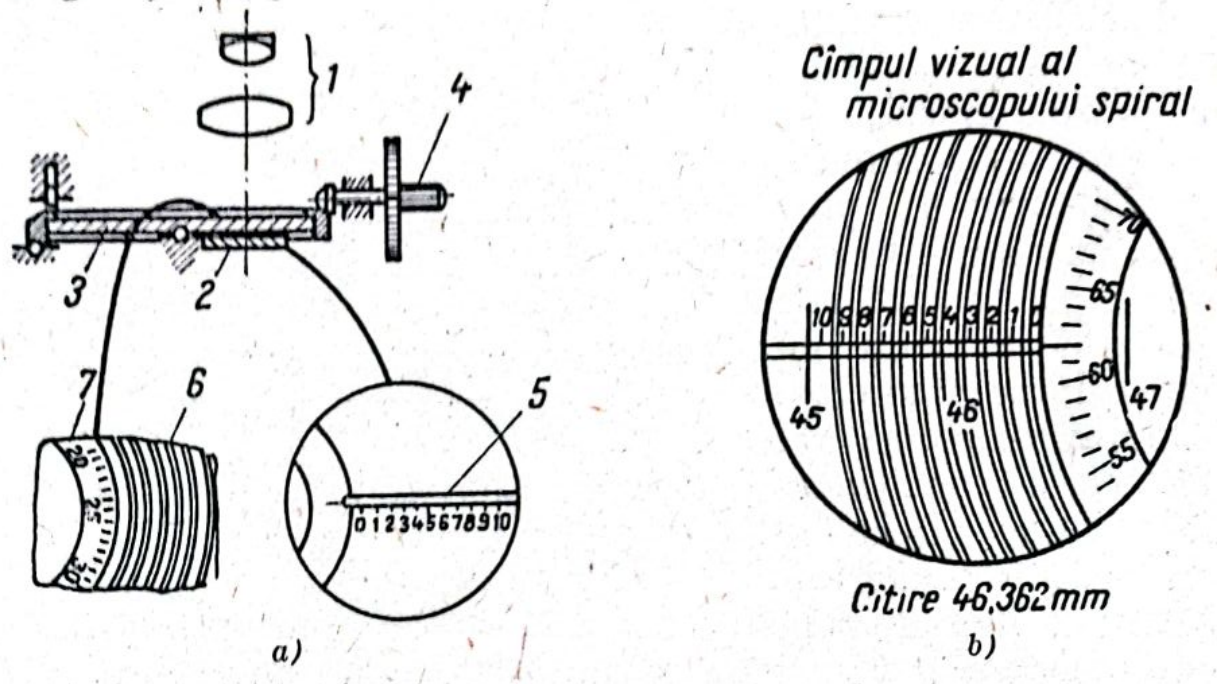


Fig. 72. Microscopul cu vernier spiral:
a — reprezentare schematică; *b* — exemplu de citire.

și se citesc: milimetri întregi, pe scara milimetrilor, zecimile, pe scara rectilinie, și miimile pe scara circulară (de exemplu fig. 72, *b*; lungimea măsurată este de 46,362mm)

3.12. Comparatoare electrice și pneumatice

Comparatoarele electrice, foarte utilizate în ultima vreme datorită avantajelor lor în ceea ce privește sensibilitatea, precizia și posibilitatea utilizării în telemăsurare, sînt foarte variate. După fenomenul electric pe care se bazează, pot fi: cu contact, inductive, capacitive și fotoelectrice.

Comparatoarele cu contact sînt aparate fără scări de măsurare, folosite pentru a se constata dacă dimensiunile pieselor se încadrează în toleranțele prescrise. În funcție de destinație, comparatoarele se execută cu două contacte sau cu un contact mobil. În fig. 73 este reprezentat un comparator cu două contacte.

Deplasarea tijei palpatoare *1* cu brida *2* fixată pe aceasta rotește pîrghia de contact *3* în jurul articulației sale pe două

Scanned with CamScanner

arcuri plane așezate în cruce. În continuarea tijei palpatoare *1* se găsește tija unui comparator fixat în corpul *4*. Comparatorul cu valoarea diviziunii de 0,001 mm servește la citiri vizuale și la reglarea aparatului la două dimensiuni limită

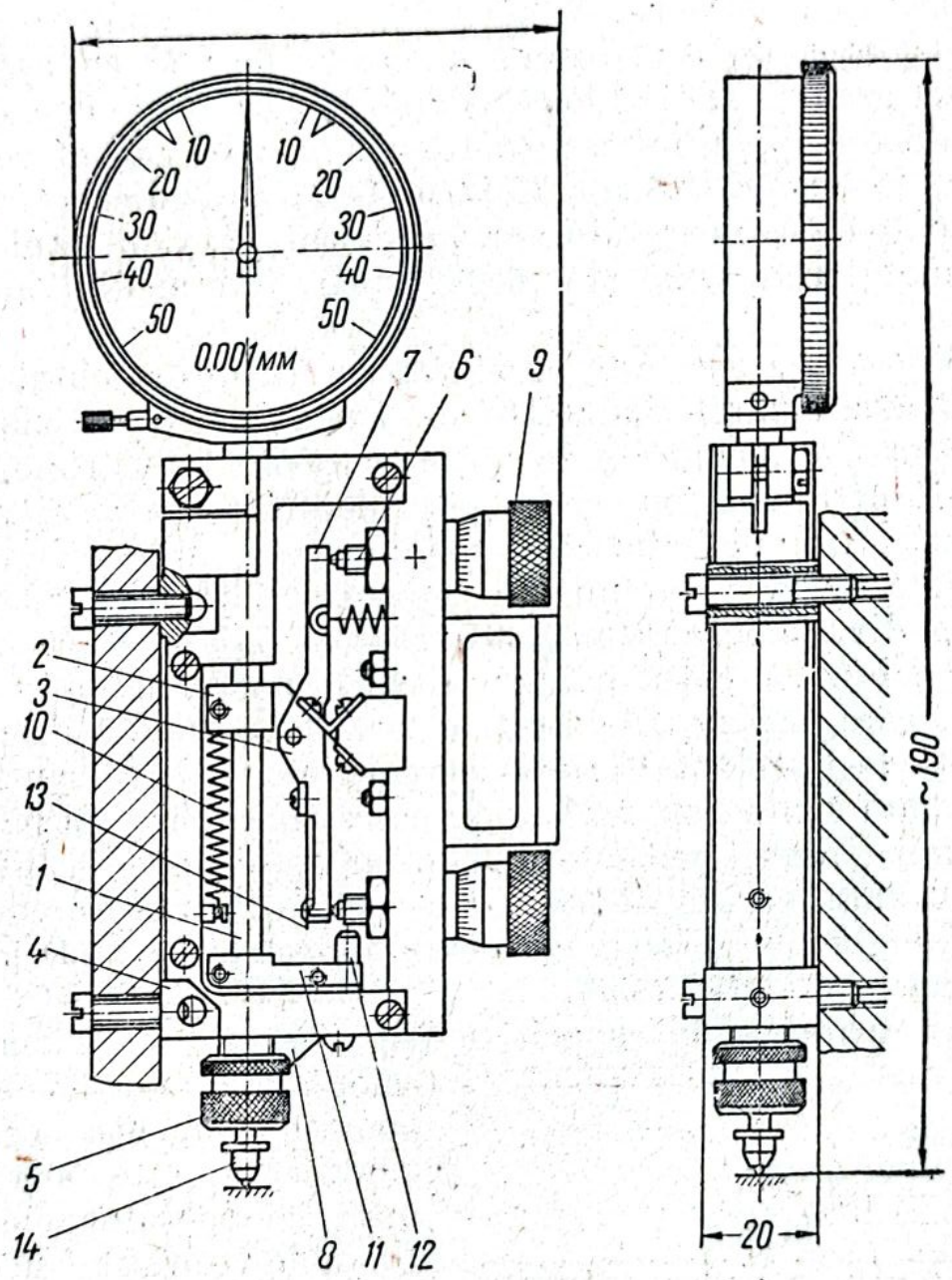


Fig. 73. Comparator electric cu două contacte.

cu ajutorul unei piese-model. Pentru aceasta, piesa-model se așază în poziția de măsurare; se observă indicațiile comparatorului, după care piesa este înlăturată, iar tija palpatoare este deplasată, prin intermediul piuliței *5* de avans fin, cu o valoare corespunzătoare diferenței dintre dimensiunea limită admisă și dimensiunea certificată a piesei-model.

Scanned with CamScanner

După aceasta, contactul șurubului *6* se rotește pînă cînd va veni în atingere cu capătul pîrghiei *7*. Momentul atingerii este controlat prin aprinderea lămpii de semnalizare. În același fel se reglează și cel de-al doilea contact la a doua dimensiune limită. După reglare, piulița *5* este lăsată în jos și blocată cu opritorul *8*.

Reglarea de dimensiune se poate face și cu ajutorul scărilor gradate ale tamburelor *9* de la șuruburile de contact *6*. Valoarea diviziunii este de 2 μ. Forța de măsurare este creată de arcul *10*. Brida *11* servește la împiedicarea rotirii tijei palpatoare, care alunecă pe știftul *12*. Contactul inferior mobil este fixat de pîrghie prin intermediul arcului plan *13*.

Tija palpatoare este prevăzută cu vîrful demontabil *14*.

Comparatoarele inductive sau **traductoarele cu inducție**, așa cum sînt denumite în automatizările industriale, sînt aparate care sînt construite pe principiul electric al variației curentului de inducție al unei bobine în funcție de variația întrefierului circuitului magnetic. Practic, aparatul constă din doi electromagneți, așezați față în față, în ale căror bobine curentul indus variază la mișcarea tijei palpatoare, care acționează direct asupra unei armături de oțel așezată în întrefier. Variația curentului, pozitivă sau negativă, mai mare sau mai mică corespunzătoare sensului și mărimii abaterii constatate, este indicată direct în microni pe cadranul unui miliampermetru (aparatul traduce variația unei lungimi în variația unui curent electric, de unde poartă și numele de traductor).

Comparatoarele capacitive (fig. 74) sînt asemănătoare celor inductive. La aceste aparate elementul care se deplasează este armătura unui condensator electric. Piesa de verificat *1* se așază între fălcile *2*, fixă, și *3*, mobilă, solidară cu pîrghia *4* care se poate roti în jurul axului *5* deplasînd armătura mobilă *6* a condensatorului. Punerea la zero a aparatului se face cu ajutorul șurubului micrometric *8*, care reglează

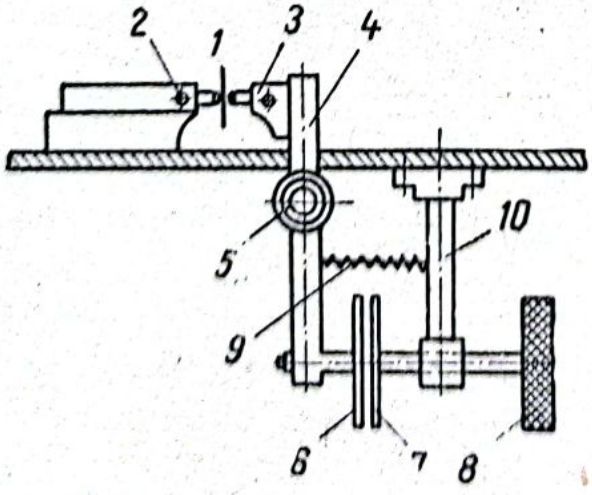


Fig. 74. Schema unui comparator capacitiv

Scanned with CamScanner

cealaltă armătură *7* a condensatorului. Forța de măsurare se realizează cu ajutorul arcului *9*.

Comparatoarele fotoelectrice sînt aparate cu palpare, folosite în general în instalațiile pentru controlul automat

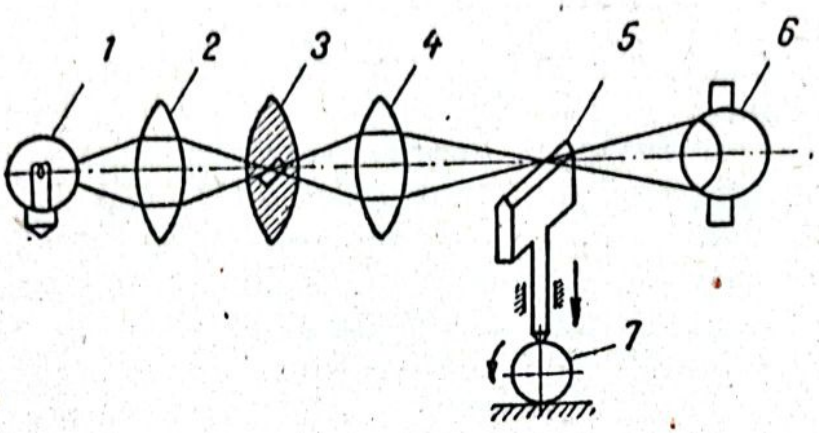


Fig. 75. Schema comparatorului fotoelectric cu palpare mecanică.

și sînt bazate pe efectul unui flux luminos variabil în funcție de dimensiunea de măsurat a piesei. După felul palpării, acestea se împart în conparatoare cu palpare mecanică (fig. 75) și comparatoare cu palpare optică (fig. 76).

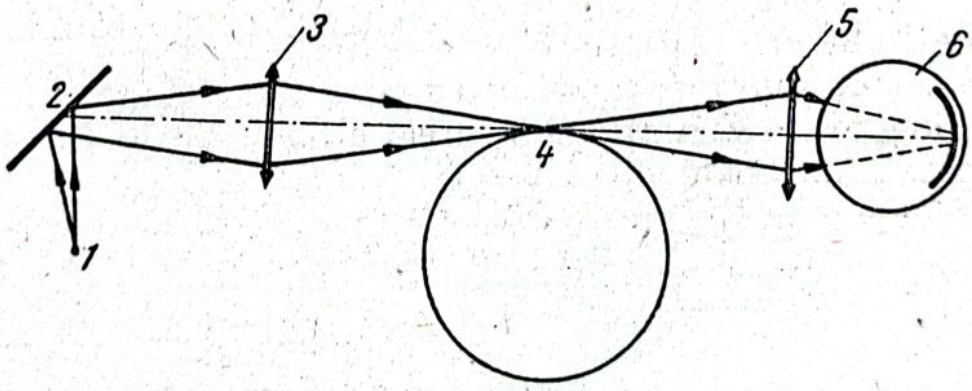


Fig. 76. Schema comparatorului fotoelectric cu palpare optică.

La comparatorul fotoelectric cu palpare mecanică, fasciculul de raze luminoase emis de sursa *1* este concentrat de condensatorul *2* asupra diafragmei *3*, trimițînd imaginea deschiderii acestei diafragme, prin obiectivul *4*, sub forma unei benzi luminoase foarte înguste, în planul obturatorului *5*, care constituie partea superioară a tijei palpatoare. Corespunzător abaterii dimensiunii pieselor măsurate *7* față de dimensiunea nominală, obturatorul oprește o parte a fasciculului luminos, făcînd să varieze fluxul luminos,

Scanned with CamScanner

care, în continuare, cade asupra celulei fotoelectrice *6*. Această variație a fluxului luminos provoacă o variație a curentului electric emis de celulă, care se măsoară cu un galvanometru al cărui cadran este gradat direct în microni.

La comparatoarele fotoelectrice cu palpare optică, fasciculul de raze emis de sursa *1* și reflectat de oglinda *2* este concentrat de lentila condensoare *3* in forma unei pete luminoase tangentă la periferia piesei de verificat *4*. În continuare, fasciculul luminos este concentrat de lentila condensoare *5* pe celula fotoelectrică *6*. Funcționarea aparatului este analogă cu cea a comparatorului fotoelectric cu palpare mecanică, cu singura deosebire că obturarea fasciculului luminos se face direct de către piesa de verificat.

Comparatoarele pneumatice sînt aparate cu precizie ridicată și cu amplificare mare, a căror funcționare se bazează pe măsurarea diferenței de presiune sau de debit a unui curent de aer, provocată de abaterile dimensiunilor nominale. Aceste abateri se traduc prin variația distanței Z dintre piesa de măsurat și fața orificiului prin care se scurge aerul.

Comparatoarele pneumatice cu manometru M cu tub elastic (fig. 77) traduc direct în microni variația presiunii h a aerului din camera B debitat la o presiune constantă de 2 at prin intermediul reductorului de presiune R. Din camera B, aerul trece în capul pentru măsurare C, prevăzut cu un

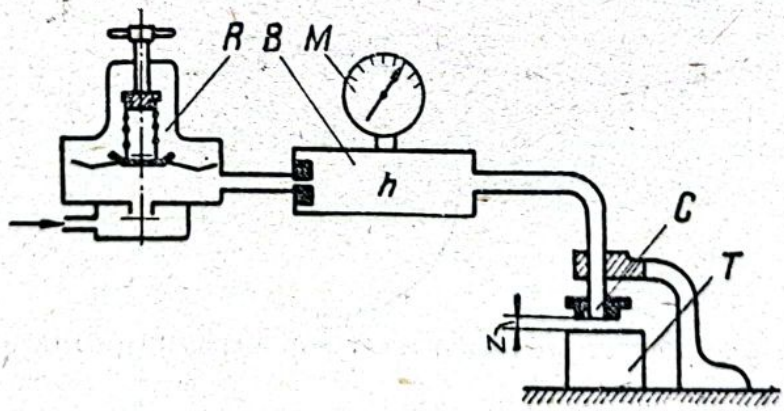


Fig. 77. Schema comparatorului pneumatic cu manometru cu element elastic.

orificiu calibrat, și apoi se scurge prin deschizătura Z dintre capul pentru măsurare și piesa de măsurat T, așezată pe masa N a aparatului.

Comparatoarele pneumatice cu rotametru (fig. 78), traduc direct în microni variația vitezei curentului de aer care se scurge între capul de măsurare C și piesa de măsu-

Scanned with CamScanner

rat T. Partea importantă a acestor aparate o constituie rotametrul, care constă dintr-un tub de sticlă, F, conic, așezat vertical cu capătul larg în sus. În interiorul acestui tub se află un plutitor P, care este antrenat de curentul de aer, și se stabilește la o înălțime dependentă direct de viteza curentului de aer care străbate tubul. Înălțimea de echilibru

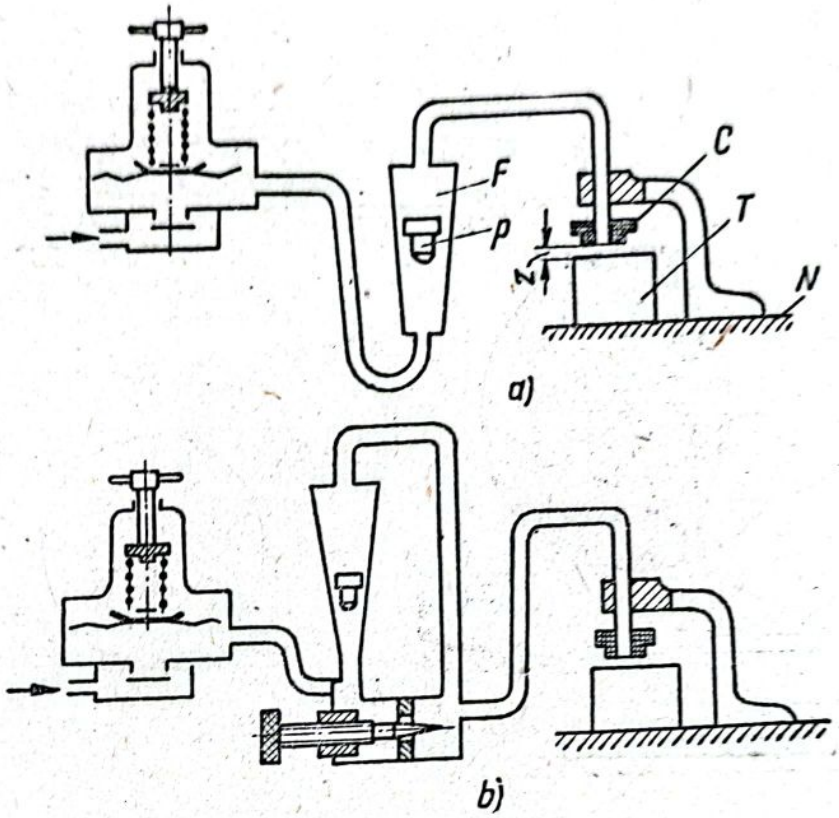


Fig. 78. Schema comparatorului pneumatic cu rotametru:
a — aparat legat în serie; *b* — aparat legat în derivație.

a plutitorului, care se citește pe exteriorul tubului gradat în microni, este cu atît mai mare cu cît distanța Z dintre capul pentru măsurare și piesa T de măsurat, așezată pe masa N a aparatului este mai mare.

3.13. Alte aparate de măsurare a lungimilor

Dificultățile întîmpinate la măsurarea precisă a alezajelor mici, sub 20 mm, au făcut să apară mijloace și metode speciale de măsurare, o parte dintre aceste aparate se vor trata în cele ce urmează.

Aparatul optic de interior cu vernier spiral. Schema de principiu a unui asemenea aparat este reprezentată în fig. 79.

Scanned with CamScanner

Fasciculul luminos emis de sursa *1*, așezată în focarul condensorului, trece prin condensor și luminează plăcuța de sticlă *2* pe care este trasat un reper a cărui imagine este proiectată pe oglinda înclinată *3*, apoi trece mai departe, prin obiectivul *4*, la plăcuța ocularului *5* în focarul căruia este așezat vernierul spiral *6*. În felul acesta, pe plăcuța

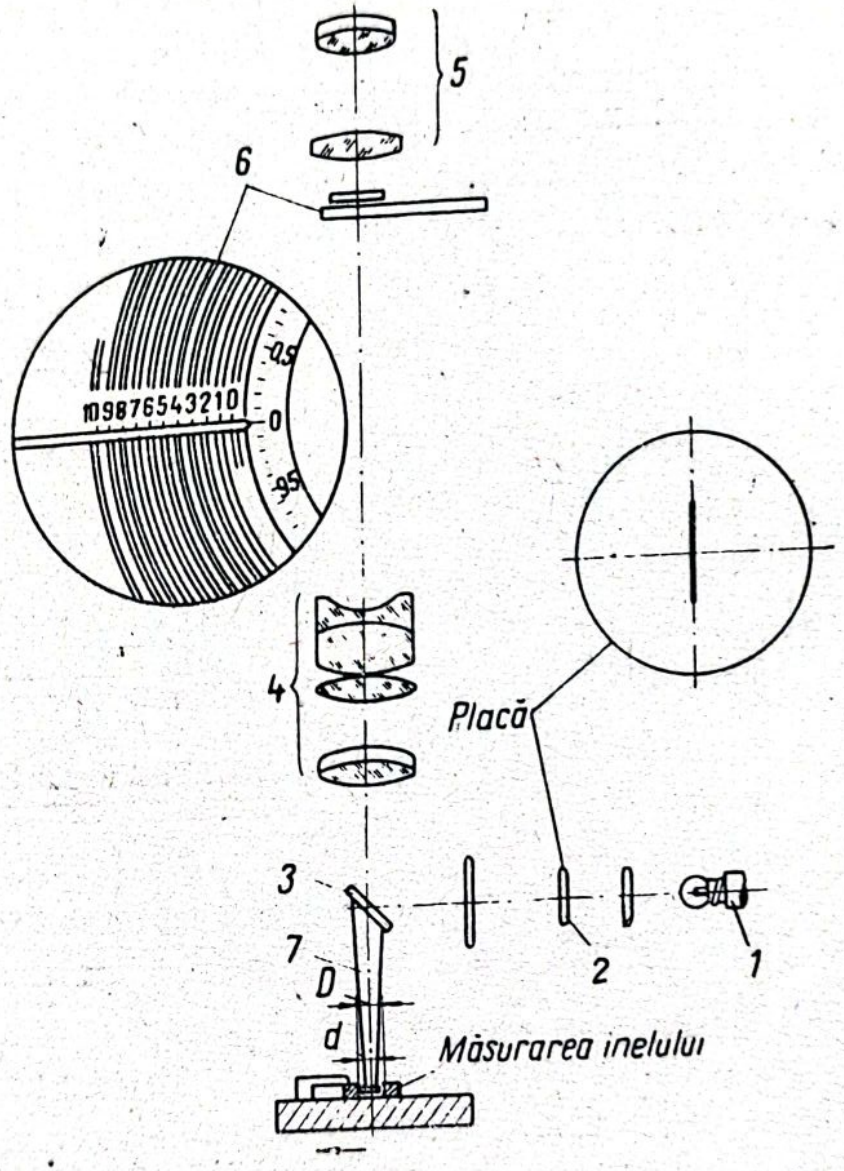


Fig. 79. Schema aparatului de interior cu vernier spiral.

ocularului se vede scara gradată fixă și reperul care se deplasează. Poziția reperului pe plăcuță depinde de rotirea palpatorului *7* și deci înclinarea oglinzii *3*.

Piesa de măsurat se așază pe măsuța de măsurat a aparatului, capătul sferic de diametru *d* al palpatorului fiind introdus în alezajul de măsurat de diametru *D*.

Întrucît aparatul posedă patru palpatoare schimbabile, cu diametrele de 1,6; 2; 3 și 4 mm, iar intervalul de măsurare

Scanned with CamScanner

al vernierului spiral este de 1 mm, se pot măsura direct alezaje cu diametre cuprinse între limitele 1,7—2,7; 2,1—3,1; 3,1—4,1 și 4,1—5,1 mm. Pentru aceasta se fixează piesa pe masa aparatului, se reglează aparatul la zero prin deplasarea vernierului spiral pînă cînd linia scării orizontale *6* ajunge la diviziunea zero a scării circulare, reperul zero al său fiind așezat între cele două spirale paralele la prima spiră. Se mișcă masa aparatului pînă cînd partea stîngă a peretelui alezajului atinge capătul sferic al palpatorului, se deplasează palpatorul pînă la atingerea lui cu peretele din dreapta al alezajului, ceea ce are ca efect deplasarea

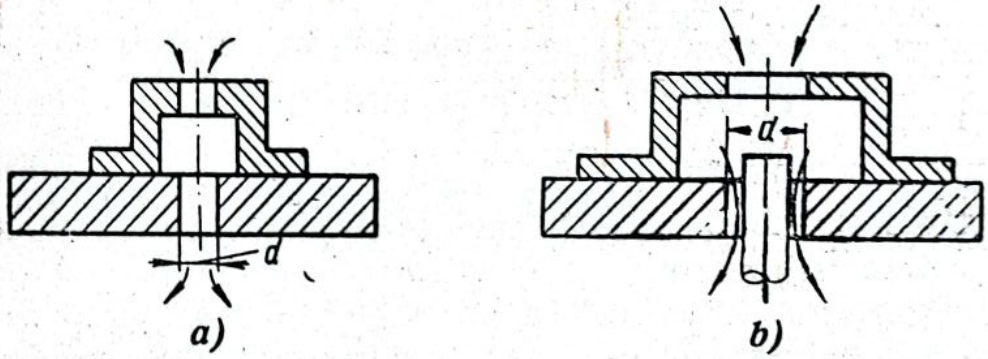


Fig. 80. Măsurarea alezajelor prin metoda pneumatică fără contact:
a — direct; *b* — cu ajutorul unei sîrme certificate.

reperului de pe plăcuța *2* către stînga pînă în cîmpul reperului spiral. În sfîrșit se manevrează vernierul spiral pînă cînd reperul de pe plăcuța *2* se situează la jumătatea celei mai apropiate spire și se face citirea indicațiilor. Diametrul *D* măsurat se află adunînd valorii citite numărul care reprezintă mărimea diametrului sferei palpatorului.

Pentru diametre mai mari, pînă la 16 mm, se procedează în mod asemănător, cu deosebirea că se folosește o cală de dimensiune egală aproximativ cu diferența dintre diametrul *D* al alezajului de măsurat și diametrul *d* al sferei palpatorului.

O altă metodă prin care se măsoară de fapt secțiunea de trecere a alezajelor mici, este metoda pneumatică fără contact (fig. 80). Aerul trece direct prin alezajul de măsurat al piesei (fig. 80, *a*) și ca rezultat se determină nu diametrul propriu-zis, ci mărimea secțiunii de trecere, fără a ține seama de abaterile de la forma geometrică. Această metodă poate fi aplicată cu succes numai în cazurile cînd interesează

Scanned with CamScanner

secțiunea de trecere a găurii și cînd precizia formei geometrice este asigurată la prelucrare.

Aplicarea acestui procedeu la măsurarea diametrelor mai mari de 0,5 mm nu este convenabilă, din cauza creșterii rapide a consumului de aer. De aceea, pentru controlul alezajelor mai mari de 0,5 mm se recomandă schema din fig. 80, *b*. În alezajul de diametrul *d* se introduce o sîrmă cu diametrul certificat, care micșorează secțiunea de trecere a alezajului, micșorînd prin aceasta și consumul de aer.

IV. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor și conicității

Unghiurile și conicitățile sînt elemente geometrice foarte frecvent întîlnite în construcțiile de mașini și foarte strîns înrudite, în sensul că un unghi rotit în jurul bisectoarei sale generează un con, iar secționarea unui con cu un plan care conține axa conului scoate în evidență unghiul conului cuprins între cele două generatoare.

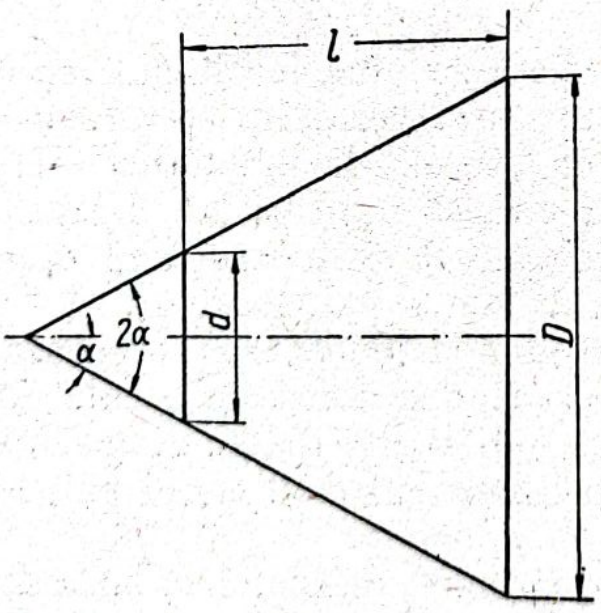


Fig. 81. Elementele caracteristice ale unui con.

În conformitate cu STAS 2285-51, conicitatea K este raportul dintre diferența diametrelor D și d a două secțiuni transversale ale unui con și distanța l între cele două secțiuni (fig. 81),

$$k = \frac{D - d}{l} = 2 \operatorname{tg} \alpha,$$

unghiul 2α al conului este unghiul dintre cele două generatoare în secțiunea axială, iar unghiul de înclinare α este unghiul între generatoare și axa conului.

Unghiurile și conicitățile se verifică cu ajutorul instrumentelor model rigide și se măsoară prin metode goniometrice sau prin metode trigonometrice.

Scanned with CamScanner

4.1. Instrumente model rigide pentru verificarea unghiurilor și conicităților

Instrumentele-model rigide sînt instrumente nereglabile, executate pentru un anumit unghi sau pentru o anumită conicitate și destinate verificărilor de laborator sau a pieselor de același fel. Dintre acestea, cele mai obișnuite sînt: calibrele, șabloanele, echerele și calele unghiulare.

Calibre și șabloane conice. Pentru verificarea pieselor conice netede se utilizează calibrele-tampon în cazul conici-

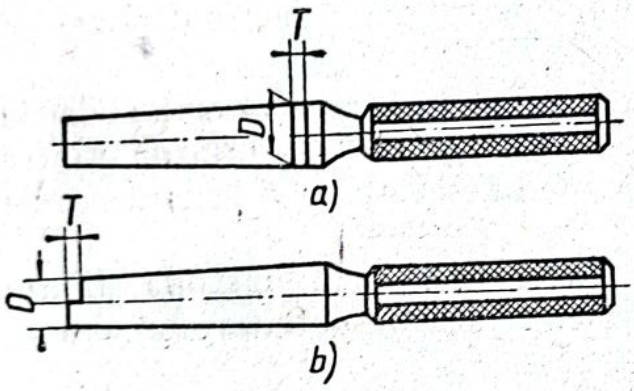


Fig. 82. Calibre tampon conice: *a* — cu repere; *b* — cu prag.

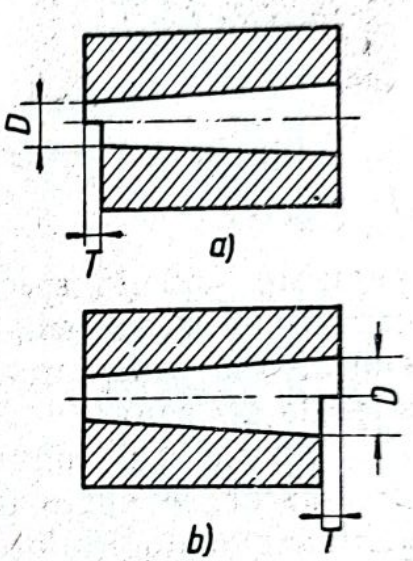


Fig. 83. Calibre manșon conice.

tăților interioare sau calibrele manșon în cazul conicităților exterioare. Calibrele tampon (fig. 82) cu un diametru de referință D și două repere, la distanța T unul de altul reprezentînd mărimea toleranței trasate la capătul bazei mari a conului (fig. 82, *a*) sau prin pragul situat la capătul bazei mici a conului, (fig. 82, *b*), corespunzător poziției diametrului de referință. Calibrele manșon (fig. 83) au, de asemenea, un diametru de referință D și două limite la distanța T una de alta, reprezentate prin pragul situat la capătul bazei mici a conului (fig. 83, *a*) sau la capătul bazei mari a conului (fig. 83, *b*), corespunzător poziției diametrului de referință. Verificarea pieselor se face prin poziția axială a calibrului față de piesa de verificat. Dacă diametrul de verificat se situează între diametrele corespunzătoare celor două limite, piesa este bună.

Scanned with CamScanner

În afara diametrelor verificate prin metoda de mai sus se verifică și conicitatea pieselor, cu ajutorul acelorași calibre, prin metoda petelor de vopsea.

Verificarea conurilor exterioare se efectuează cu ajutorul bucșelor conice plane (fig. 84). Piesa de verificat se așază

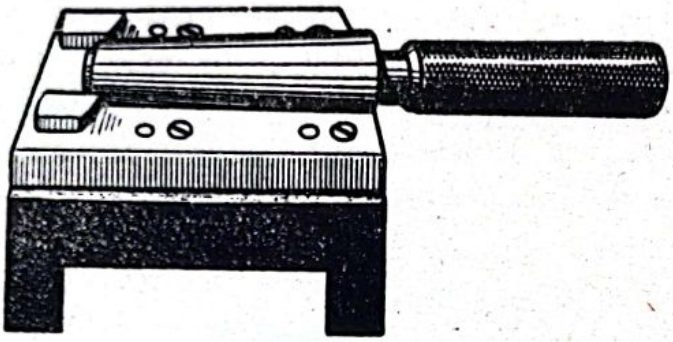


Fig. 84. Bucșa conică plană.

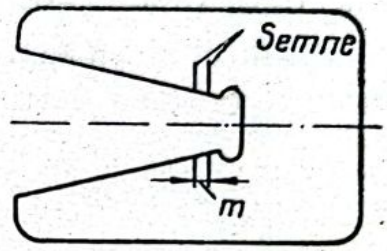


Fig. 85. Potcoavă unghiulară.

pe niște știfturi speciale, iar verificarea abaterilor de la conicitate se execută prin metoda fantei de lumină dintre suprafețele pentru măsurare ale bucșei plane și generatoarele suprafeței conice.

Verificarea conurilor exterioare prin metoda fantei de lumină se poate face și cu ajutorul potcoavelor sau al șabloanelor unghiulare (fig. 85).

Asemenea șabloane unghiulare se execută și pentru alte unghiuri sau conicități, de exemplu pentru cozi de rîndunică etc.

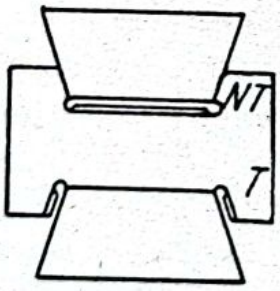


Fig. 86. Controlul bazei mici a conului cu ajutorul potcoavei limitative.

Controlul diametrelor bazelor mici ale conurilor se face de obicei cu potcoave limitative (fig. 86). Potcoavele se execută cu parte „trece" T și cu parte „nu trece" NT. La un asemenea control, pentru piesele bune, fanta de lumină dintre piesă și potcoavă apare în părțile laterale la partea „trece" și în partea frontală la partea „nu trece" (fig. 86).

Echere. Echerele sînt instrumente rigide care servesc atît pentru verificări de unghiuri, în special pentru unghiuri drepte, cît și pentru operația de trasare. Tipurile, dimensiunile, toleranțele și condițiile tehnice ale echerelor sînt cuprinse în STAS 2050-51. În afara echerelor de 90° se utilizează curent și echere de 30, 45, 60 și 120°.

Scanned with CamScanner

Elementele principale ale echerelor (fig. 87) sînt: lungimea h a catetei mari și unghiul de lucru al catetelor exterioare. După precizia unghiului de lucru, exprimată în funcție de h, se stabilesc clasele de precizie: 0, 1, 2 și 3.

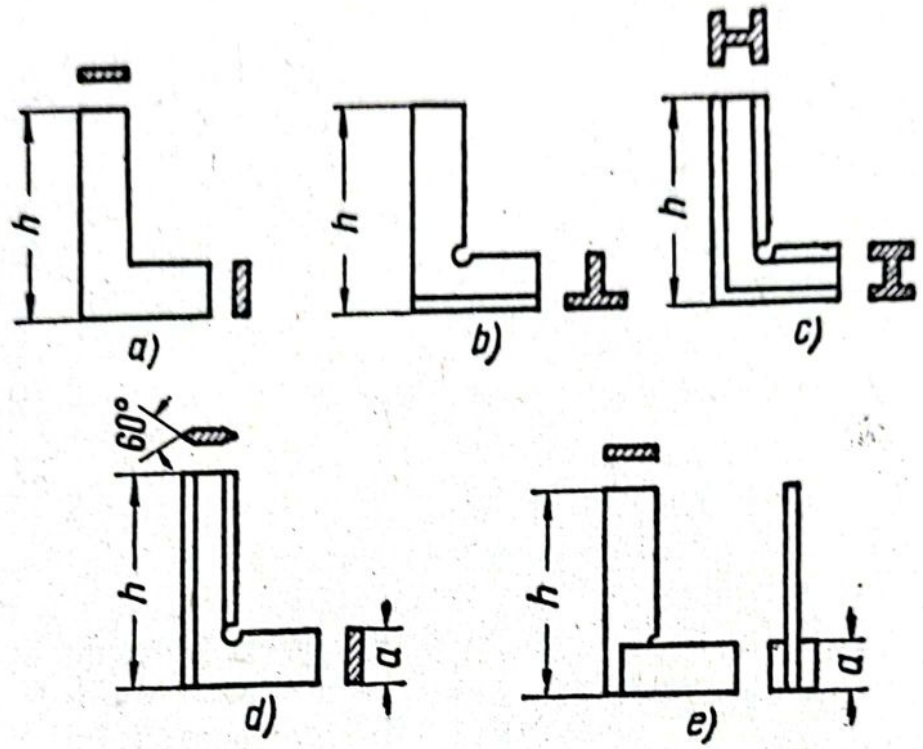


Fig. 87. Echere:
a — simplu; *b* — cu talpă; *c* — profilat; *d* — pentru suprafețe; *e* — cu lamă.

Obișnuit echerele de 90°, se verifică prin una dintre următoarele metode simple de atelier: metoda celor trei echere (fig. 88) metoda fantei duble de lumină (fig. 89) sau metoda comparării cu echer model (fig. 90).

Metoda celor trei echere constă în împerecherea în toate cele trei posibilități a trei echere, *I*, *II*, *III*, pe masa de

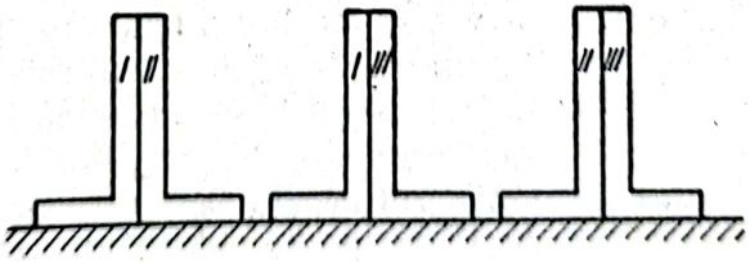


Fig. 88. Metoda celor trei echere.

trasat și ajustarea lor pînă cînd între cele două catete mari alăturate nu se observă fanta de lumină pentru nici una din cele trei combinații. La metoda fantei de lumină duble se

Scanned with CamScanner

așază echerul în poziția *I*, cu cateta mare în coincidență cu muchia din dreapta a riglei de verificare *2* cu suprafețe plan-paralele. Rigla de verificare este articulată pe consola *3*,

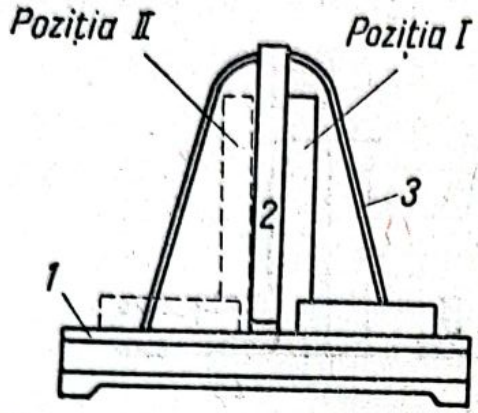


Fig. 89. Metoda fantei duble de lumină .

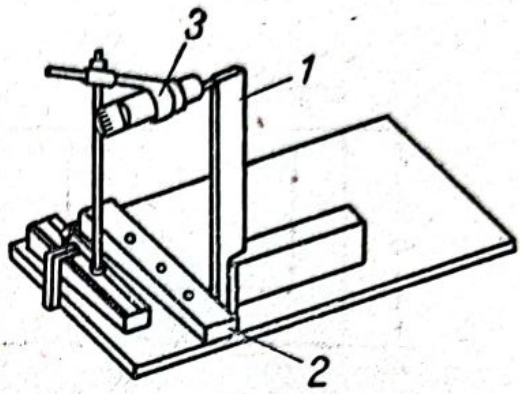
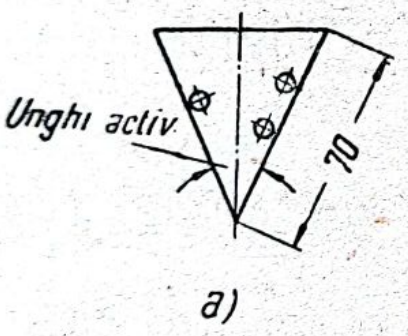


Fig. 90. Metoda comparării cu echer model.

fiind așezată pe placa de bază *1* și putînd fi fixată în orice poziție. Fără a se mișca rigla din poziția *I* se așază echerul în poziția *II* în ușoară atingere cu cealaltă muchie a riglei. În această poziție, fanta de lumină care apare reprezintă dublul erorii echerului. Metoda comparării constă în așezarea pe un dispozitiv a unui echer etalon *1*, cu baza rezemată de opritorul *2*. Vîrful comparatorului *3* se aduce în contact cu echerul model.



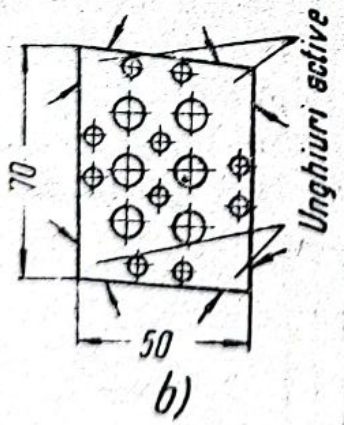


Fig. 91. Cale unghiulare:
a — triunghiulare; *b* — patrulatere.

Cale unghiulare. Calele unghiulare sînt plăci plan-paralele de oțel tratat avînd forma unor prisme triunghiulare cu un singur unghi activ (fig. 91, *a*) sau patrulatere cu patru unghiuri active (fig. 91, *b*), cu grosimea de 5 mm și cu lungimea suprafețelor de măsurare de 70 mm. Suprafețele lor de lucru, respectiv suprafețele laterale corespunzătoare unghiurilor active, sînt prelucrate fin și lepuite, astfel încît să poată adera una de cealaltă cînd sînt puse în contact în scopul alcătuirii blocurilor de cale.

Calele unghiulare se execută și se livrează în garnituri de cîte: 19;36 sau 94 bucăți sau în garnituri reduse de cinci bucăți, cu unghiurile de: 15, 30, 45, 55 și 60°.

Scanned with CamScanner

Ca mărime, unghiul activ al calelor triunghiulare are valori crescătoare de la 10 pînă la 79°, creşterea fiind de 1°, 10′ sau 1′, iar cele patru unghiuri active ale calelor patru-

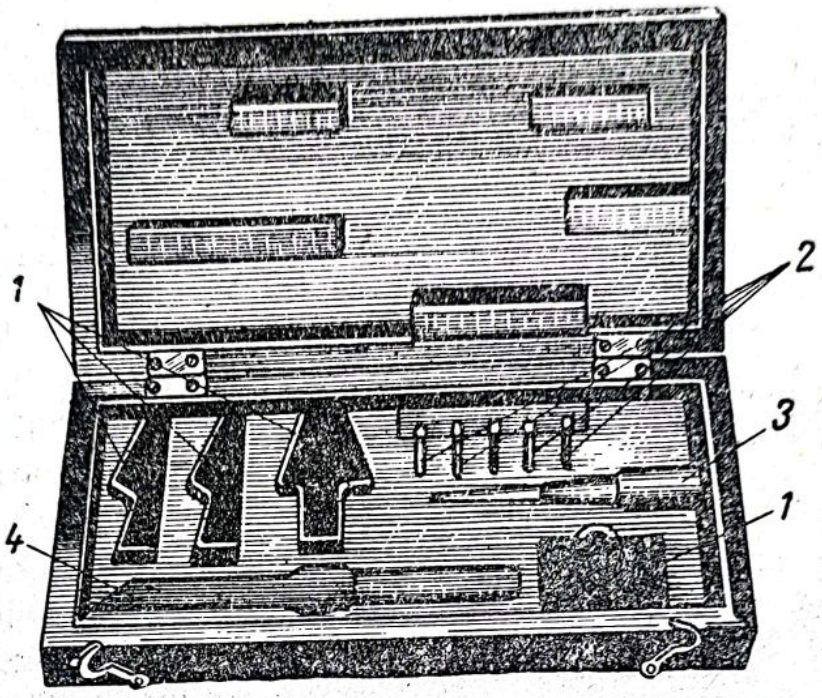


Fig. 92. Trusa normală cu accesorii pentru cale unghiulare.

latere au valori crescătoare între 80 şi 100°. În total, cu o trusă mare de 94 cale triunghiulare şi patrulatere se pot măsura unghiuri cuprinse între 10 şi 350°.

Precizia calelor după clasa 1 este de ± 10″, iar a celor după clasa 2, de ± 30″.

Pentru diferitele necesităţi de măsurare, calele se asamblează în blocuri de 2 pînă la 3 bucăţi. În acest scop, ele sînt prevăzute cu găuri pentru cepuri conice şi pentru şuruburi, pentru prindere pe suporturi speciale. În fig. 92 este reprezentată trusa normală de accesorii pentru cale unghiulare. O asemenea trusă se compune din suporturile speciale *1* pentru fixarea calelor cu ajutorul cepurilor conice *2*, şurubelniţa *3* şi rigla *4* cu muchie activă pentru trasare.

Pentru asamblarea calelor unghiulare în blocuri se folosesc suporturi speciale şi o riglă de precizie, cu muchie activă (fig. 93).

Pentru unghiurile ascuţite se folosesc cale simple sau ansambluri de 2—3 cale, iar pentru unghiurile obtuze,

Scanned with CamScanner

suplimente ale unghiurilor calelor unghiulare triunghiulare, se folosește o latură a celei unghiulare și muchia activă a riglei de trasat.

Verificarea unghiurilor cu ajutorul calelor unghiulare se face prin metoda fantei de lumină, obținîndu-se erori de ordinul 15—30″, după lungimea și rectilinitatea laturilor și în funcție de experiența operatorului.

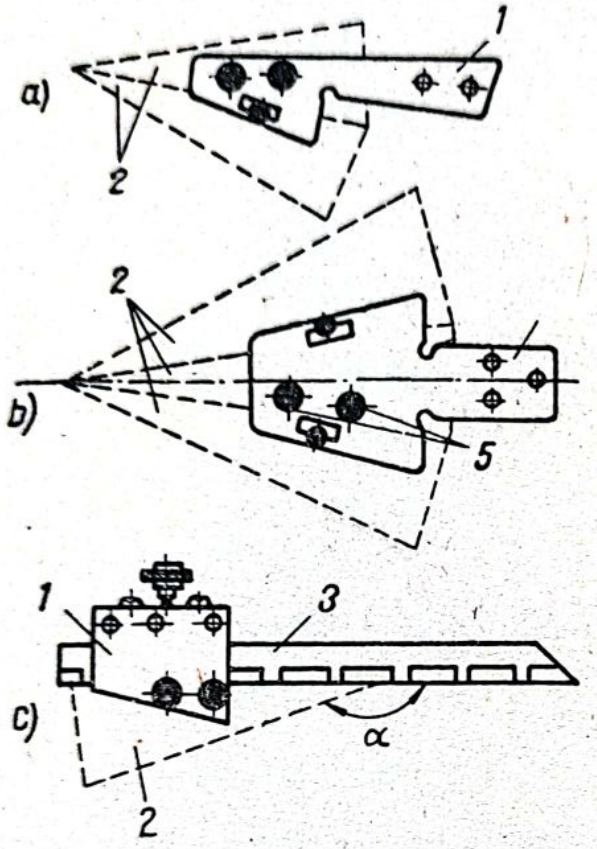


Fig. 93. Asamblările calelor unghiulare pe suport:

a — bloc de două cale unghiulare; *b* — bloc de trei cale unghiulare; *c* — asamblare pe rigla de trasare; *1* — suport; *2* — cala unghiulară; *3* — rigla de precizie.

4.2. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor prin metode goniometrice

Metodele gonimetrice de măsurare sînt acele metode prin care valoarea unghiurilor se măsoară direct în unități unghiulare. Condițiile de efectuare a unor asemenea măsurări sînt: realizarea unui aparat cu două suprafețe de așezare, care să se poată roti una față de cealaltă, pentru a se putea sprijini pe cele două fețe ale unghiului de măsurat; așezarea piesei de măsurat pe un suport ce se poate roti și aducerea fiecărei fețe a unghiului în poziția de citire.

În cele ce urmează se vor trata instrumentele și aparatele care au la bază una dintre aceste metode.

Raportoare. Raportoarele sînt instrumentele de măsurare a unghiurilor care au la bază metoda celor două fețe de așezare.

Raportorul simplu (fig. 94) este un instrument compus din semicercul cu talpă *1* divizat în 180 părți egale, rigla mobilă *2* care se rotește în jurul axului ce materializează centrul semicercului. Citirea unghiurilor în grade se face în dreptul indicelui *3*.

Scanned with CamScanner

Un aparat cu precizie mai mare este *raportorul universal* (fig. 95). Cu acest instrument se pot măsura cele mai multe dintre unghiurile întîlnite în construcția de mașini, cu o precizie de $1/12° = 5'$. Părțile componente ale raportorului

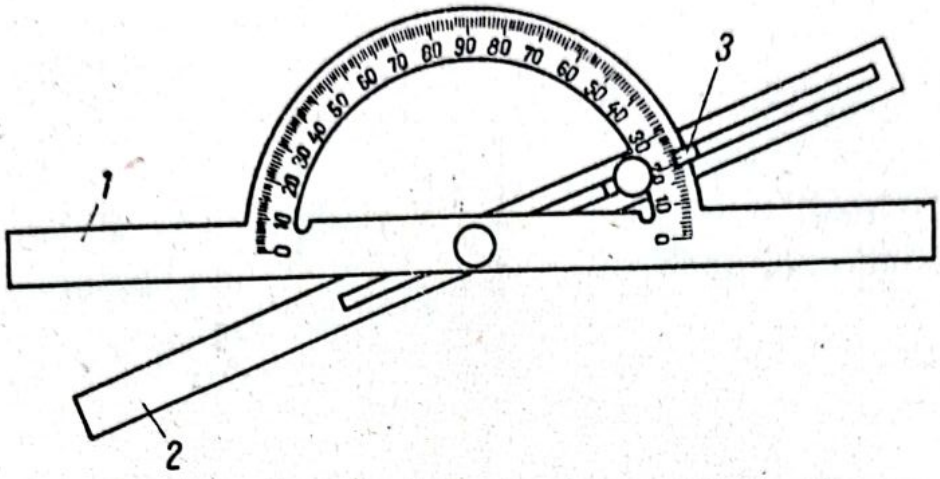


Fig. 94. Raportor simplu cu precizia de 1°.

universal sînt: corpul propriu-zis, care constă dintr-un disc circular divizat în 360°, cu indicarea diviziunilor din 10 în 10 grade, de la 0 la 90°, pentru fiecare dintre cele patru cadrane; discul gradat face corp comun cu o riglă de bază *1*,

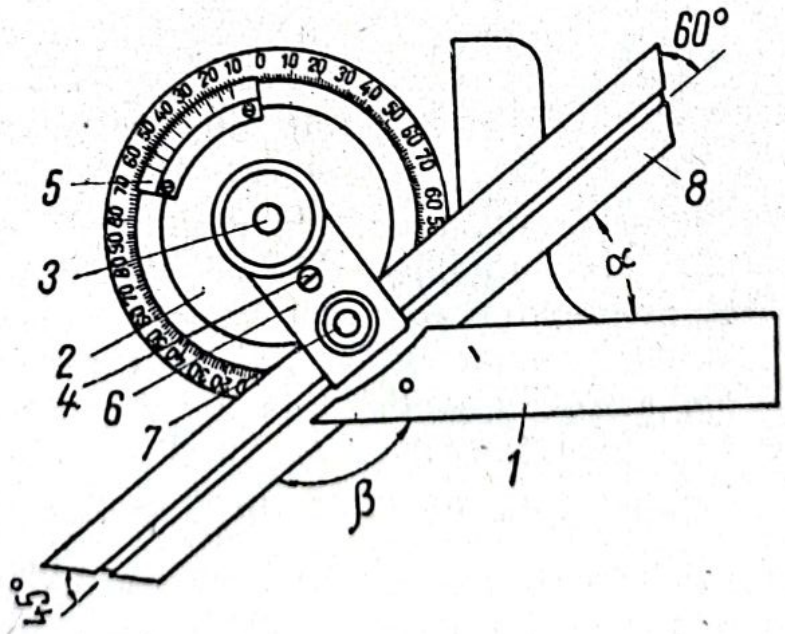


Fig. 95. Raportor universal.

(talpa), prevăzută cu degajare longitudinală; discul *2* așezat astfel ca să se poată roti în jurul axului central *3* și fixa în orice poziție unghiulară cu ajutorul piuliței *4*. Discul *2* este prevăzut cu o plăcuță cu vernier circular *5*, divizată

Scanned with CamScanner

în 12 părți egale purtind indicațiile: 60′—45′—30′—15′—0—15′—30′—45′—60′ (în lipsa plăcuței cu vernier aceste indicații sînt gravate direct pe discul circular *2*); plăcuța-suport *6* solidară cu discul *2* pe care poate fi fixată, cu

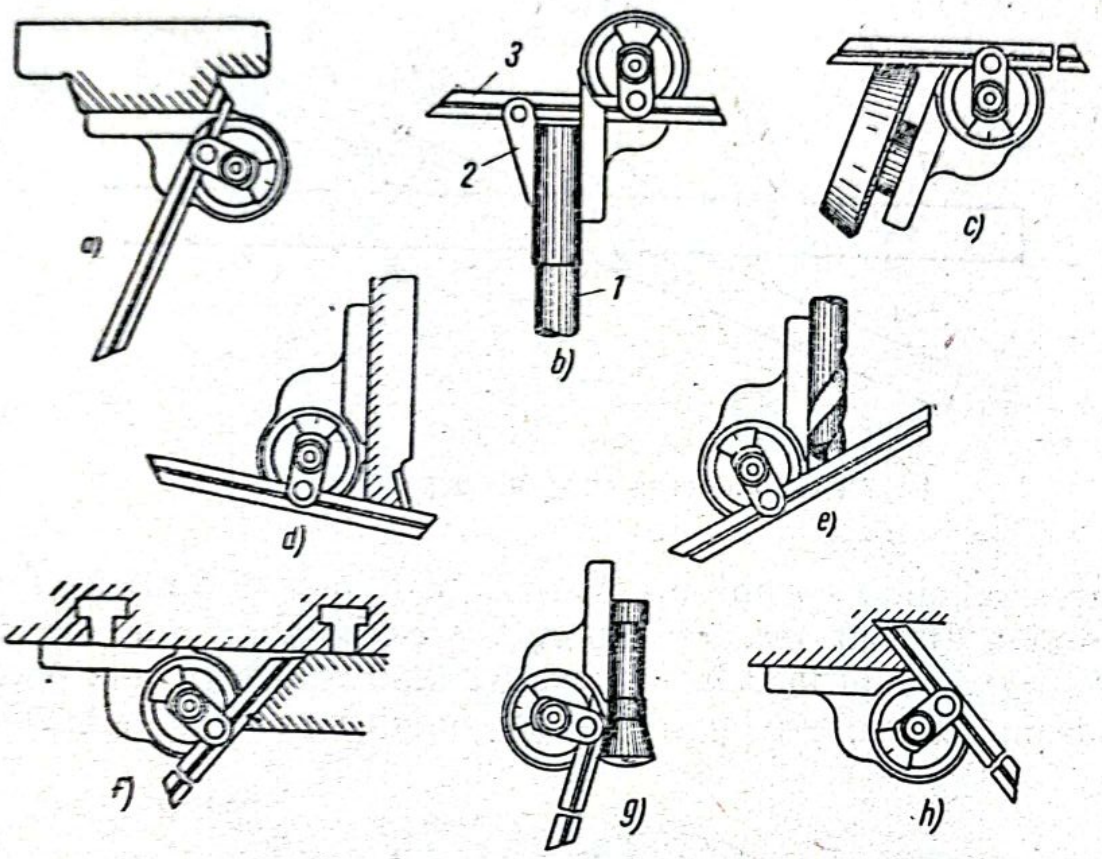


Fig. 96. Diferite posibilități de măsurare cu raportorul universal.

ajutorul șurubului *7*, una din cele două rigle mobile, *8*, ale raportorului, cu lungimea de 300, respectiv 200 mm. Riglele *8* sînt interschimbabile, prevăzute cu canal longitudinal de ghidare pentru culisare și au capetele frontale înclinate la 45° și respectiv 60° față de axul longitudinal.

Fiecare diviziune a raportorului fiind egală cu un grad, rezultă că precizia vernierului este de $\frac{1^\circ}{12} = \frac{60'}{12} = 5'$, adică cinci minute de arc sexagesimal.

Cu vernierul așezat într-o poziție oarecare se pot măsura două unghiuri (fig. 95), cel ascuțit, α, sau suplimentul lui obtuz, β.

În fig. 96, *a—h* sînt arătate diferitele posibilități de măsurare cu raportorul universal, întîlnite curent în practica de atelier. Pentru unghiuri foarte mici, cum ar fi conicitatea cozii sculei *1* din fig. 96, *b*, se fixează în canalul riglei *2*

Scanned with CamScanner

reazemul auxiliar *3*, avînd suprafața de așezare la 90° față de axa riglei.

Raportorul optic (fig. 97) este un aparat asemănător raportorului universal. Constă din corpul *1* solidar cu rigla *3* și cu rigla mobilă *4* care poate culisa în direcție longitudi-

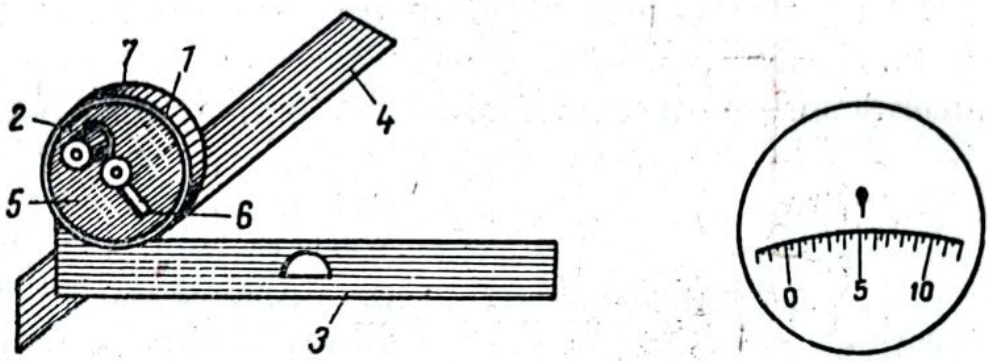


Fig. 97. Raportor optic.

nală, putîndu-se fixa cu ajutorul pîrghiei *6*. Rigla mobilă se fixează în poziția dorită pe discul *5* care poartă lupa de citire *2*. În interiorul corpului *1* se află fixat un disc circular de sticlă optică, cu scara divizată în grade și minute, valoarea unei diviziuni fiind de 10′. Lupa de citire poartă solidar un indice gravat pe sticlă, cu ajutorul căruia se face citirea unghiului măsurat. Precizia de citire este de 5′.

Microscoape. După cum s-a arărat la paragraful 3.10, microscoapele mari de atelier sînt prevăzute cu masă rotitoare cu vernier pentru citirea unghiurilor și cu reticule cu linii încrucișate, dispuse la 90, 60 sau 30°, cu care se face măsurarea unghiurilor cu precizie de 1—3′.

Microscoapele obișnuite de atelier sînt prevăzute cu goniometre cu ajutorul cărora se pot măsura unghiurile și conicitățile prin vizarea directă a secțiunilor axiale și prin citirea direct la goniometru.

Goniometre. Goniometrele sînt aparate cu masă sau suport rotitor. În afara goniometrelor cu precizia de 1″, utilizate în special în laborator la verificarea calelor unghiulare, din această categorie, pentru măsurări de atelier, mai fac parte capetele divizoare optice și mesele rotative, utilizate curent și ca dispozitive în mecanica fină.

Capul divizor optic (fig. 98) are un sistem de măsurare goniometric constînd din următoarele părți principale:

Scanned with CamScanner

roata elicoidală *2*, fixată rigid pe axul aparatului, pe care este fixată scara circulară *1*, avînd valoarea diviziunii de 1°. Unghiurile de rotaţie ale axului se citesc pe scară prin intermediul microscopului *8*. În cîmpul vizual al ocularului acestui microscop se găseşte scara gradată, cu valoarea diviziunii de 1′. Scara gradată circulară este luminată prin prisma *9*. Rotirea axului şi a roţii elicoidale se efectuează cu ajutorul şurubului-melc *4* şi al manetei *6*, care este în legătură cu o şaibă de strîngere *7*. Şurubul-melc şi roata dinţată elicoidală servesc numai la rotirea axului principal, iar erorile lor nu au nici o influenţă asupra preciziei funcţionării capului divizor.

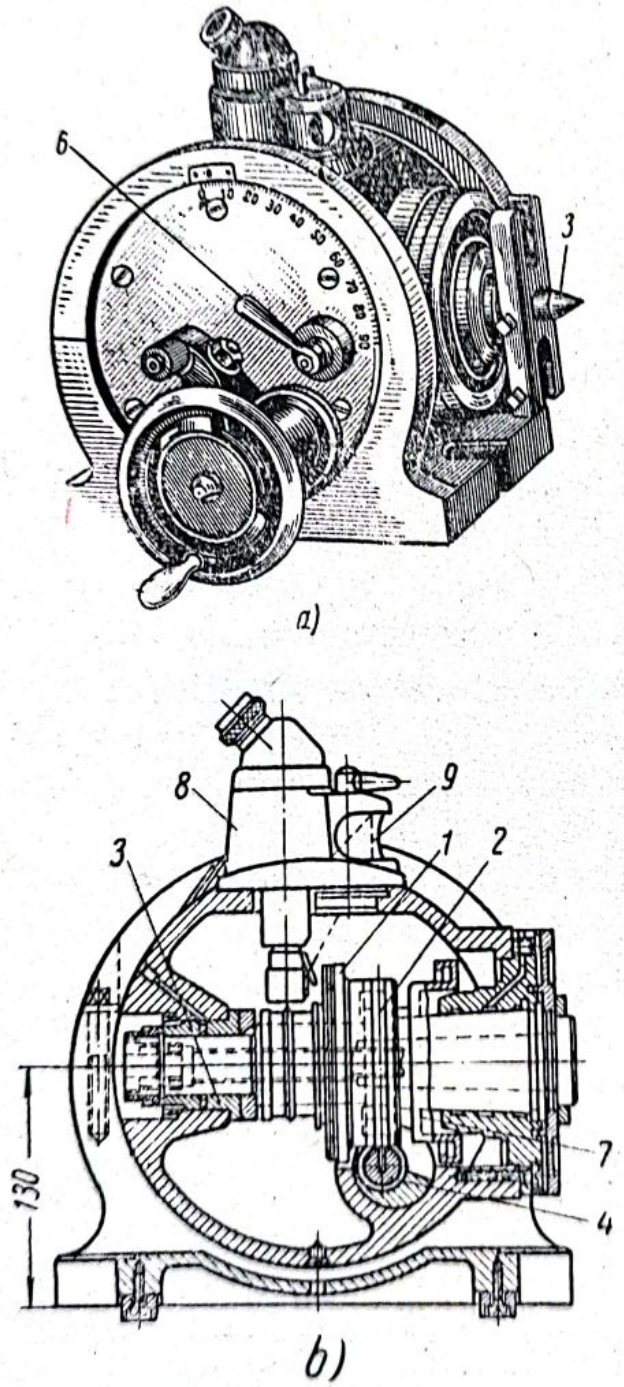


Fig. 98. Cap divizor optic:
a — vedere; *b* — secţiune.

Axul roţii elicoidale, care constituie axul principal al aparatului este prevăzut cu gaură centrală pentru fixarea vîrfului de centrare *5*. Piesele de verificat se fixează obişnuit între vîrful de centrare al capului divizor şi al doilea vîrf prins într-o păpuşă fixată pe canal în faţa capului divizor.

Masa optică rotativă (fig. 99) este un aparat destinat determinării unghiurilor pieselor prelucrate, aşezîndu-se piesa de prelucrat în poziţia unghiulară dorită. Rotirea mesei se face cu ajutorul piuliţei *1*, iar în poziţia dorită se fixează cu şuru-

Scanned with CamScanner

bul de strîngere *2*. Indicele *3* servește la citirea diviziunilor întregi, adică a gradelor, minutele citindu-se prin ocularul *4*. Grosismentul aparatului este × 72. Citirea pe disc este posibilă pînă la 0,5′. Eroarea de măsurare este de ± 15″.

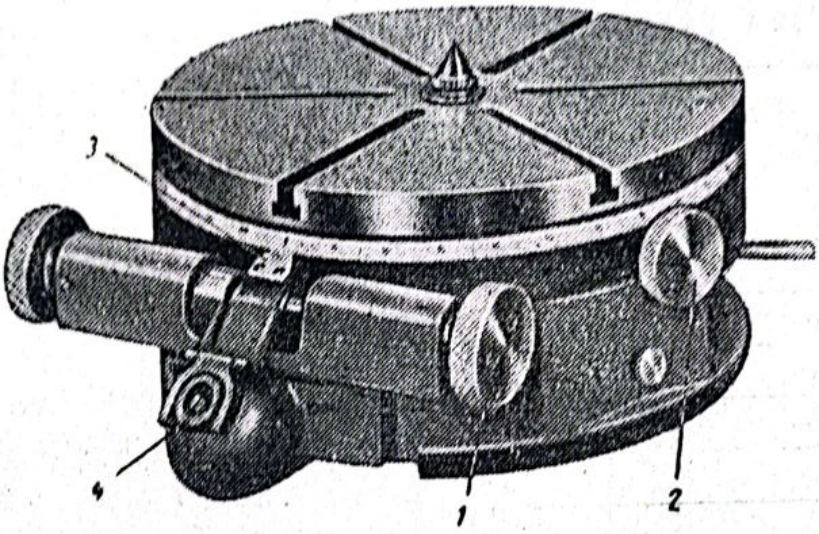


Fig. 99. Masa rotativă optică.

4.3. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor și conicităților prin metode trigonometrice

Metodele trigonometrice sînt acele metode prin care se determină mărimile liniare necesare calculării valorii unghiului sau conicității de măsurat.

Cel mai simplu procedeu de măsurare a unei conicități bazat pe această metodă constă în măsurarea distanței l dintre diametrele D și d a două calibre-inel, așezate pe periferia conului *1*, sau a două calibre-tampon, așezate în interiorul conului (fig. 100). Valoarea unghiului de înclinare se determină din relația

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D - d}{2l}.$$

Pornind de la acest principiu, în vederea obținerii unor rezultate mai precise se folosește metoda de măsurare cu ajutorul rolelor sau al bilelor calibrate.

Scanned with CamScanner

În fig. 101 este reprezentată schema care stă la baza metodei de măsurare a unghiului de înclinare a conului *1* cu ajutorul rolelor *2* așezate la baza conului și la înălțimea *l* a calelor-suport *3*. Dacă *D*, *d* și *l* reprezintă aceleași dimensiuni liniare ca cele din fig. 100, valoarea unghiului de înclinare se calculează cu aceeași relație.

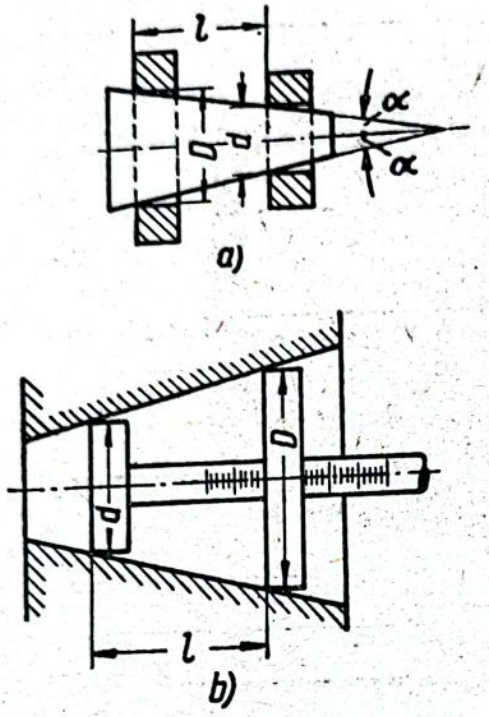


Fig. 100. Măsurarea conicității:
a — cu ajutorul inelelor calibrate;
b — cu ajutorul calibrelor-tampon.

Rigle sinus. Riglele sinus sînt dispozitive folosite la verificarea înclinării suprafețelor conice. Dimensiunile principale ale riglei sinus (fig. 102) sînt: distanța *L* dintre axele rolelor, care are de obicei valoarea 100 sau 200 mm, și lățimea mesei *B*. Din punctul de vedere al lățimei *B*, riglele sinus se împart în: rigle înguste și rigle late.

Riglele înguste pot fi utilizate atît ca dispozitive de control, cît și pentru lucrări de ajustare, asociate cu alte rigle sau cu echere. *Riglele late* sînt prevăzute cu diferite alezaje netede și filetate, practicate în măsuță perpendicular pe fața ei de așezare, la distanțe determinate C,..., C_6, folosite la fixarea diferitelor disopozitive auxiliare de prindere (menghine, prisme etc).

O riglă sinus se compune din măsuța *1*, rolele *2*, fixate pe măsuța cu ajutorul șuruburilor *5*, placa de reazem *3* și placa anterioară de reazem *4*.

Principiul de măsurare al riglei sinus este arătat în fig. 103. Dacă *H* și *h* sînt două înălțimi diferite, corespunzînd diametrelor unui con, sau, așa cum este arătat în figură, înălțimilor a două cale, ținînd seama de dimensiunea de

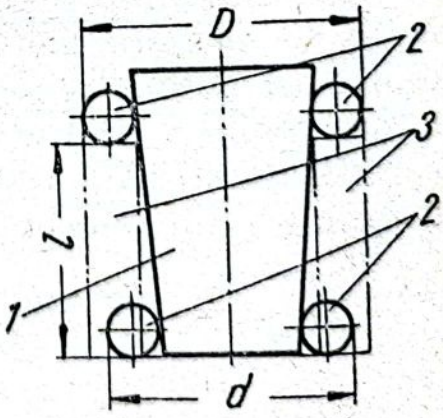


Fig. 101. Măsurarea unghiului de înclinare la un con exterior cu ajutorul rolelor calibrate.

Scanned with CamScanner

calcul L a riglei sinus, calculul unghiului de înclinare α se face cu relația

$$\sin \alpha = \frac{H - h}{L},$$

sau pentru o riglă cu $L = 100$ mm

$$\sin \alpha = 0{,}01\ (H - h).$$

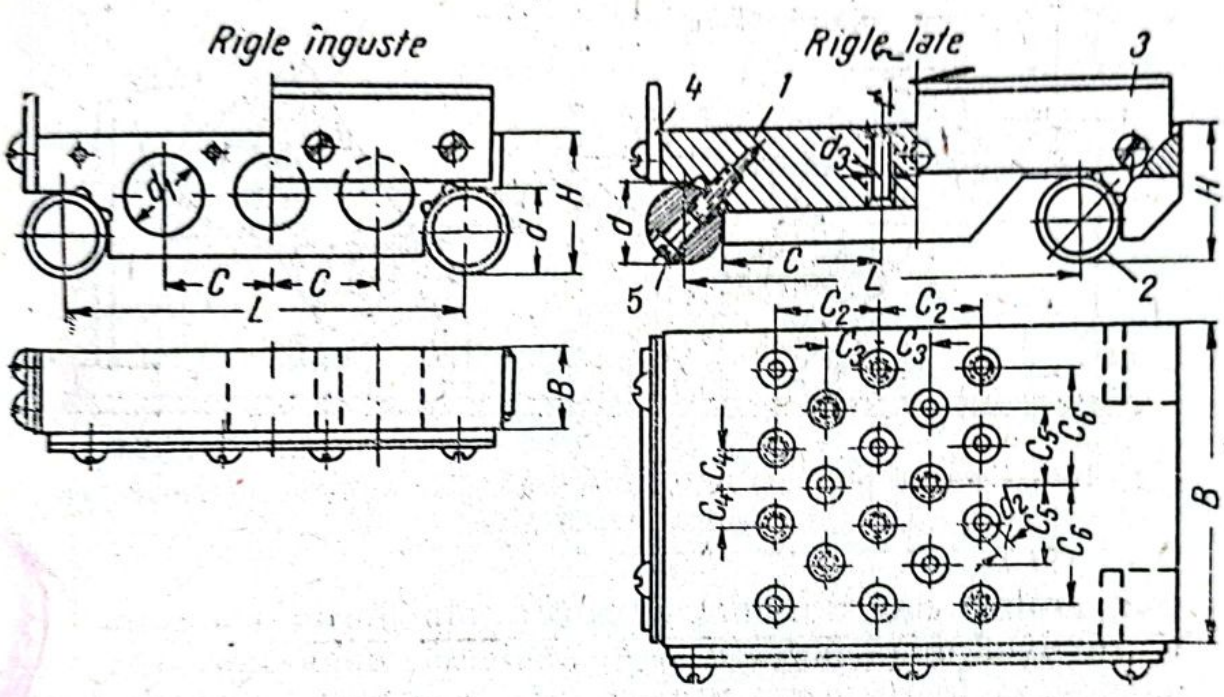


Fig. 102. Riglă sinus.

Dacă un capăt al riglei este așezat direct pe masa de așezare a piesei (fig. 103, *a*) ceea ce corespunde pentru $h = 0$, relația de calcul devine

$$\sin \alpha = \frac{H}{L} = 0{,}01\ H.$$

Măsurările executate cu rigla sinus sînt greoaie și necesită calcule cu tabele de linii trigonometrice. Ele își găsesc totuși justificare datorită preciziei înalte, de ordinul cîtorva secunde.

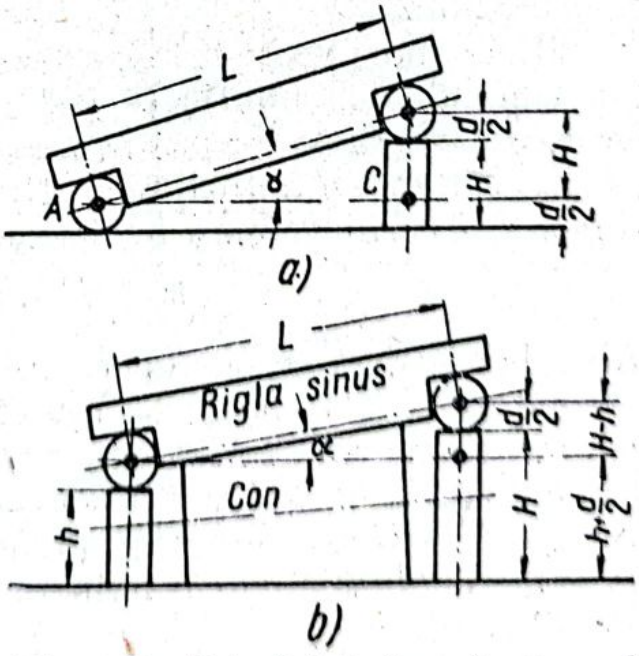


Fig. 103. Principiul de măsurare al riglei sinus:

a — poziția de lucru pentru unghiuri interioare; *b* — poziția de lucru pentru unghiuri exterioare.

Scanned with CamScanner

Folosirea riglei sinus la verificarea abaterilor de la conicitatea prescrisă este mai indicată, fiind mult mai ușoară. Verificarea se face pentru cele două diametre corespunzătoare bazelor a și b și dacă ΔH este abaterea indicată de

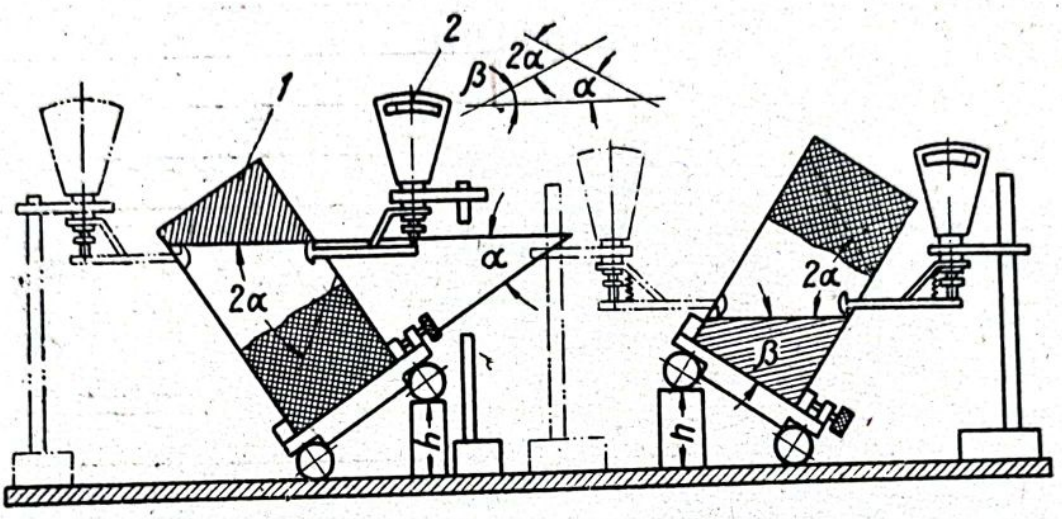


Fig. 104. Schema de măsurare a suprafețelor conice interioare cu ajutorul riglei sinus.

comparator sau minimetru dintre înălțimile corespunzătoare celor două baze, a și b, abaterea unghiulară $\Delta\alpha$ se calculează foarte ușor, prin simpla înmulțire a valorii ΔH cu coeficientul numeric indicat în instrucțiunile de folosire a aparatului.

Rigla sinus poate fi folosită și la verificarea unghiurilor sau conicităților interioare (fig. 104). Pentru o astfel de verificare, piesa se fixează pe măsuța riglei, introducîndu-se pe rînd sub rola din dreapta și stînga un bloc de cale cu înălțimea h a cărui valoare se determină din relația

$$h = L \sin \alpha.$$

Abaterea generatoarei superioare a conului de la poziția orizontală se determină cu ajutorul unui comparator fixat pe un suport care, se introduce pe rînd în ambele părți ale conicității. Dacă β și γ sînt cele două unghiuri pe care generatoarele verificate le fac cu planul de bază al măsuței aparatului, unghiul 2α al conului are valoarea egală cu suma lor ($2\alpha = \beta + \gamma$).

Verificarea unghiurilor celor două generatoare fiind făcută cu aceeași prindere a piesei pe măsuța aparatului, calitatea suprafeței de așezare a piesei pe măsuță nu influențează verificarea făcută.

Scanned with CamScanner

4.4. Alte instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor și conicităților

Nivelele sînt instrumente care servesc în special la determinarea abaterilor de la poziția orizontală a suprafețelor prelucrate.

Partea principală a oricărei nivele este tubul de sticlă umplut cu eter etilic, în așa fel încît în interiorul tubului

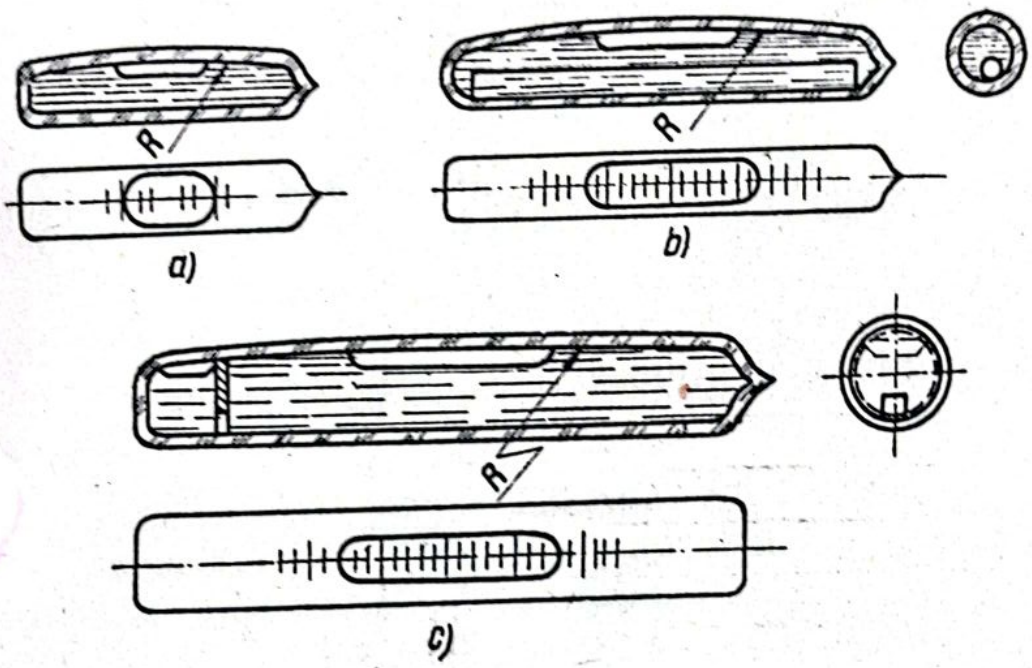


Fig. 105. Tipuri de tuburi cilindrice pentru nivele:
a — simple; *b* — compensate; *c* — cu cameră.

să rămînă o bulă mică de aer rarefiat, saturat cu vapori de eter sau alcool. În fig. 105 sînt reprezentate diferite construcții de tuburi cilindrice folosite la construcția nivelelor.

Nivelele folosite curent în construcția de mașini sînt de două feluri: cu ramă (fig. 106) și de lăcătușărie (fig. 107). Nivela cu ramă constă dintr-un cadru, *1*, pe care sînt fixate două nivele, una longitudinală, *2*, și cealaltă transversală *3*. Aceste nivele se execută cu valoarea diviziunilor 4″—1′. Nivelele de lăcătușărie constau dintr-un suport prismatic, *1*, de fontă, pe care se fixează tuburile de sticlă longi-

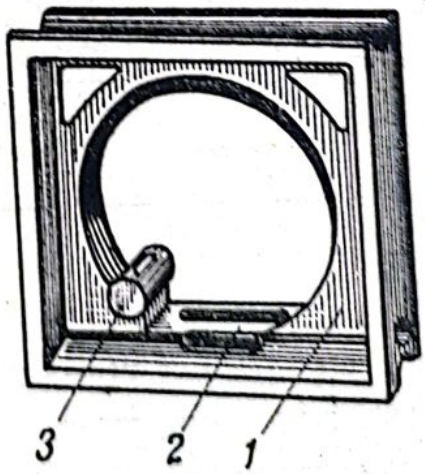


Fig. 106. Nivelă cu ramă.

Scanned with CamScanner

tudinal, 2, și cel transversal, 3, executate cu valoarea diviziunilor de 4″—1′40″. Se înțelege prin valoarea diviziunii unghiul sub care trebuie să se încline nivela ca bula să se deplaseze cu o diviziune. Valorile diviziunilor se pot exprima și în mm/m.

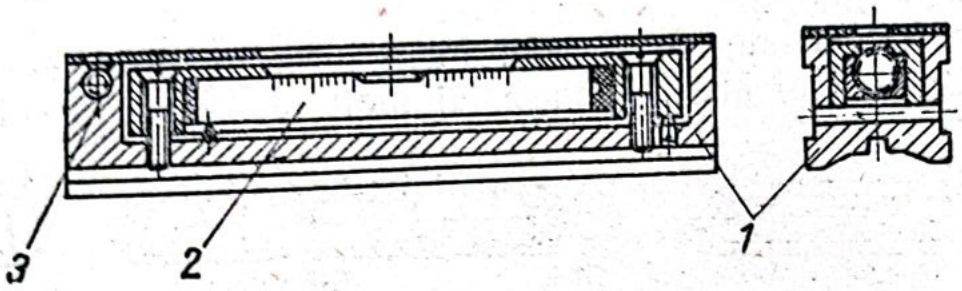


Fig. 107. Nivelă de lăcătușărie.

Sînt și nivele care au o talpă articulată la ramă, putîndu-se așeza cu ajutorul unui cadran gradat la orice unghi față de orizontală (fig. 108).

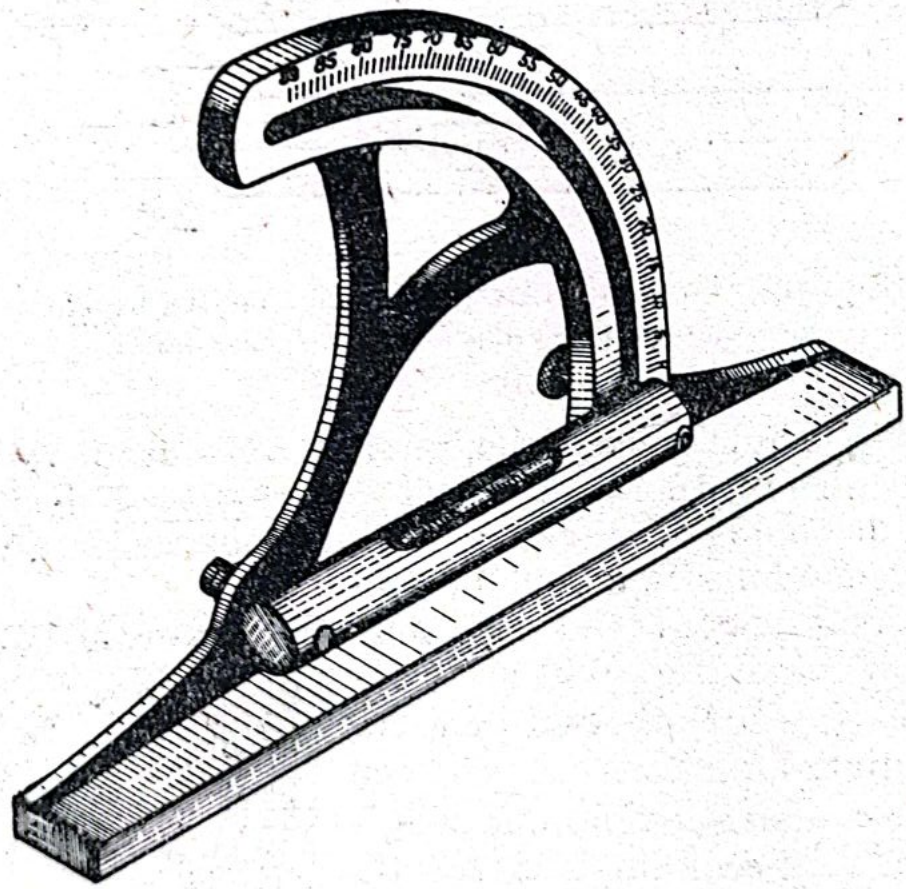


Fig. 108. Nivelă de articulație.

Raportorul sinus este un aparat de măsurare prin metoda trigonometrică, sinus, a unghiurilor cuprinse între 0 și 180° ale diferitelor calibre, scule sau piese de mașini, prin rotirea cu 0—45° a unei rigle. Precizia care se obține este

Scanned with CamScanner

de 1'. În fig. 109 este reprezentat un astfel de instrument. În crestătura din partea superioară a corpului *1* se poate roti și fixa, în orice poziție între 0 și 45°, rigla *2*, similară riglei unui raportor mecanic. Fixarea în poziția dorită se face după rotirea sau culisarea riglei, prin strîngerea piuliței *3* și a piuli-

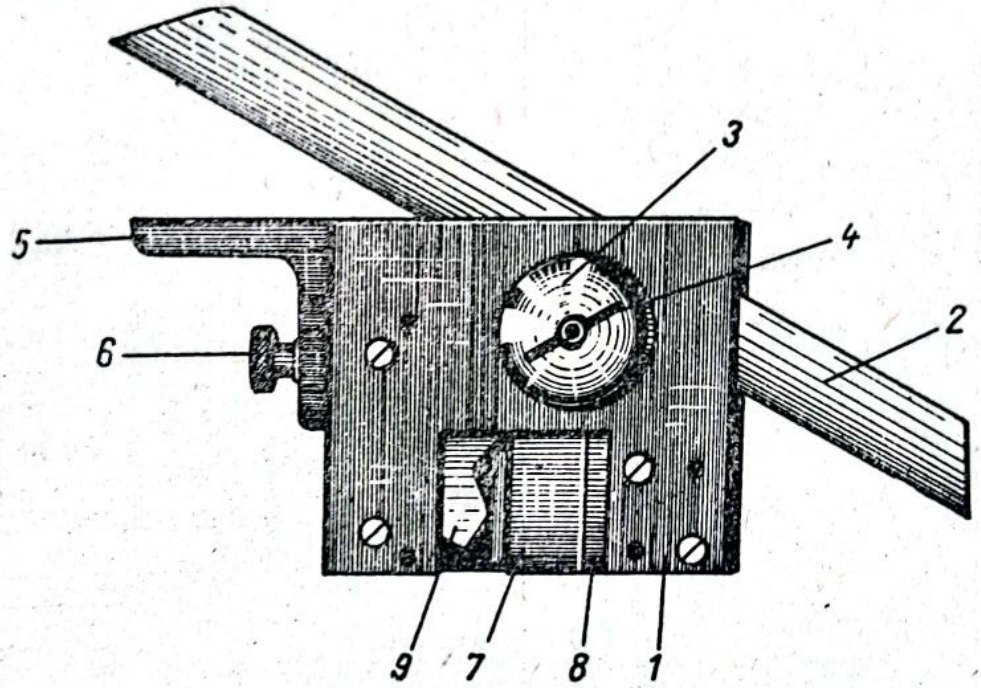


Fig. 109. Raportor sinus.

ței fluture *4*. Pentru măsurarea unghiurilor mici ale pieselor, echerul alunecător *5* se fixează pe latura din stînga a corpului, cu ajutorul șurubului *6*. Porțiunile în care se poate face măsurarea unghiurilor cuprinse între: 0—20°; 20—45°; 45—90°; 90—110°; 110—135° și 135—180° sînt indicate pe corpul aparatului.

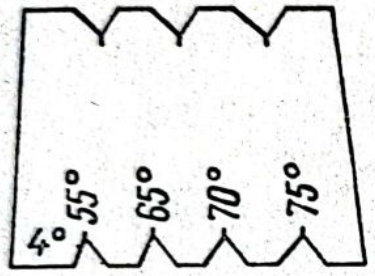
Evaluarea unghiului măsurat se face, după fixarea riglei în poziția necesară, prin introducerea blocului de cale corespunzător *7* între reazemul fix *8* al corpului *1* și reazemul mobil *9* solidar cu suportul riglei *2*. În prospectul (cartea) aparatului sînt trecute valorile blocurilor de cale necesare fiecărei valori a unghiului ce se măsoară, din minut în minut, pentru intervalul 0—180°.

În fig. 110 sînt indicate diferite posibilități de măsurare cu acest aparat și valorile respective ale unghiurilor de măsurat.

Pentru verificarea și măsurarea în atelier a diferitelor unghiuri ale sculelor așchietoare se execută, după necesități, diferite tipuri de șabloane și dispozitive cu cadran, dintre care cele mai obișnuite sînt: șabloanele (lerele) pentru cuțite de strung, indicate în tabela 13.

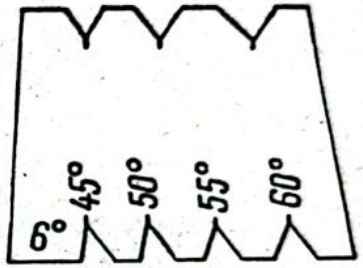
Scanned with CamScanner

Şabloane unghiulare pentru cuţite de strung



Cuţite din oţel rapid:

Unghiul cuţitului grade	Materialul de prelucrat
45	Electron
50	Aluminiu
55	Oţel şi fontă cu $\sigma_r \leqslant 50$ kgf/mm²
62	Oţel cu $\sigma_r = 50...60$ kgf/mm²
	Oţel aliat cu nichel
	Fontă maleabilă
	Alamă
68	Oţel cu $\sigma_r = 60...70$ kgf/mm²
74	Oţel cu $\sigma_r \geqslant 70$ kgf/mm²
	Fontă cenuşie
84	Fontă dură, foarte dură şi casantă
	Bronzuri speciale



Cuţite placate cu metal dur:

Unghiul cuţitului grade	Materialul de prelucrat
55	Metale uşoare
65	Oţel cu $\sigma_r \leqslant 60$ kgf/mm²
70	Oţel cu $\sigma_r = 60...85$ kgf/mm²
75	Oţel cu $\sigma_r = 85...110$ kgf /mm²
	Oţel turnat cu $\sigma_r = 50...70$ kgf/mm²
	Oţel inoxidabil
	Fontă cenuşie cu duritatea 200 *HB*
80	Oţel cu $\sigma_r = 110...140$ kgf/mm²
	Oţel turnat cu $\sigma_r = 70...100$ kgf/mm²
	Oţel dur (12% mangan)
	Fontă cenuşie peste 200 *HB*
84	Oţel cu $\sigma_r = 140...180$ kgf/mm²
	Fontă de cochilie
	Fontă dură
90	Fontă dură, foarte dură şi casantă
	Alame şi bronzuri speciale

Scanned with CamScanner

Raportorul pentru unghiuri de tăiere (fig. 111) se compune din suportul *1* cu coloana *2*, pe care se poate fixa, la înălțimea dorită, un indicator de cadran *3* divizat în grade.

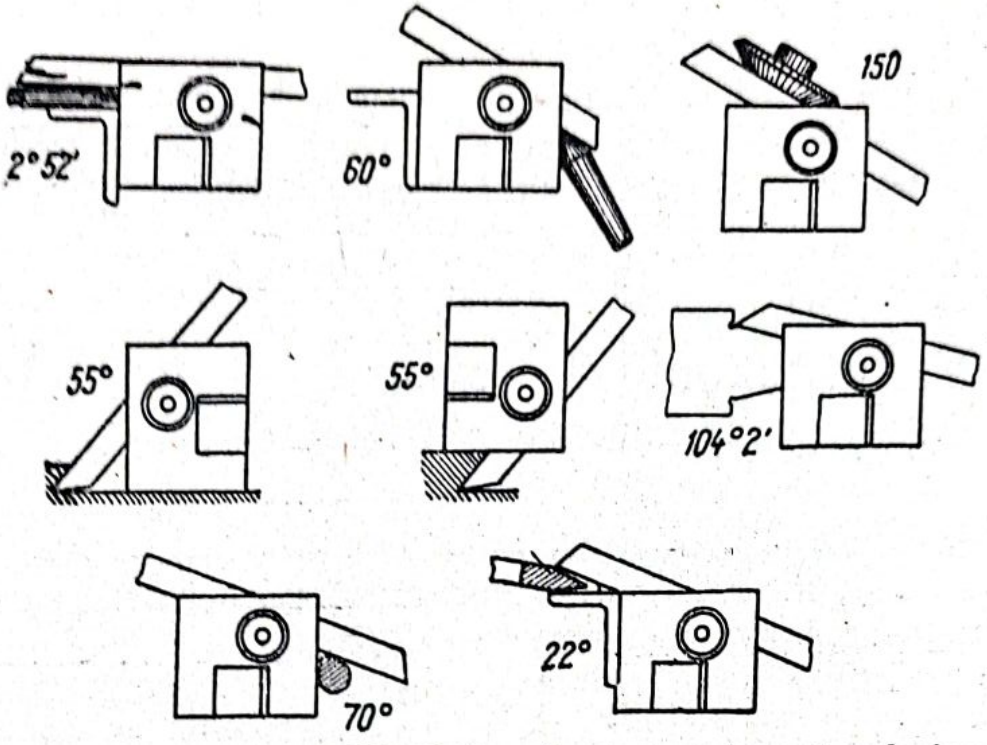


Fig. 110. Diferite posibilități de măsurare cu raportorul sinus.

În centrul cadranului este articulată pîrghia pentru măsurare *4* al cărui braț superior se rotește în fața cadranului gradat. Brațul inferior al pîrghiei posedă două fețe de măsu-

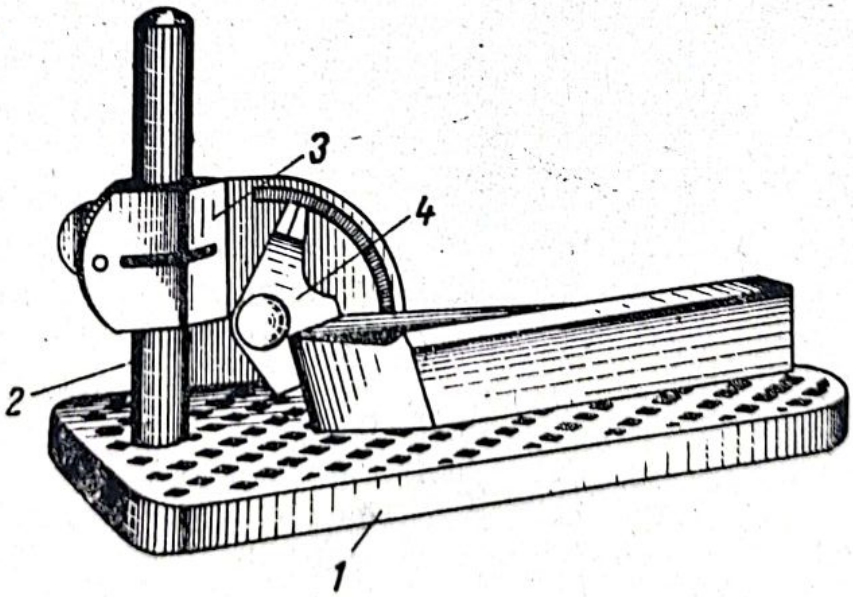


Fig. 111. Raportor pentru unghiuri de tăiere.

rare, așezate la 90° una față de cealaltă. Cuțitul al cărui unghi trebuie măsurat se așază pe placa de bază a aparatului și se rotește pîrghia *4* pînă cînd una din fețele pentru mă-

Scanned with CamScanner

surare se așterne pe suprafața sau pe muchia unghiului de măsurat. Indicarea diviziunilor cadranului este făcută la stînga și la dreapta reperului central-zero care corespunde pozițiilor, orizontală și verticală a celor două fețe de măsurare ale pîrghiei *4*.

Pentru măsurarea concomitentă a tuturor unghiurilor caracteristice ale diferitelor scule aşchietoare se execută raportoare cu locuri pentru măsurare multiple.

V. Instrumente și aparate de verificare și măsurare a filetelor

Garanția executării filetelor în cadrul toleranțelor prescrise o asigură verificarea sau măsurarea următoarelor elemente principale: diametrul mediu, pasul, jumătatea unghiului profilului, diametrul interior și diametrul exterior.

Metodele și aparatele pentru verificarea și măsurarea principalelor elemente ale filetului sînt indicate în tabela 14.

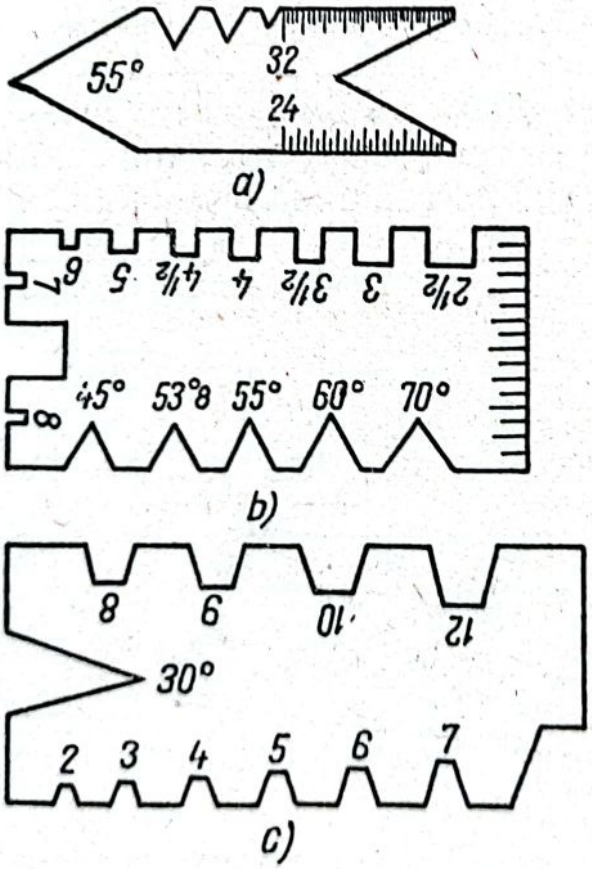


Fig. 112. Diferite tipuri de șabloane pentru filet:

a — pentru cuțit și filet; *b* — pentru filet pătrat și triunghiular; *c* — pentru filet trapezoidal.

5.1. Șabloane (lere) și calibre pentru filet

Cea mai simplă verificare a filetului (mai mult o verificare orientativă) se face cu ajutorul șabloanelor sau lerelor. Șablonul pentru cuțit și filet (fig. 112, *a*) este o lamă de oțel cu un capăt ascuțit la unghiul filetului de 55°, 60° etc. și cu celălalt capăt crestat la același unghi. Crestăturile laterale servesc la verificarea așezării corecte a cuțitului perpendicular pe axa

Scanned with CamScanner

Metode și aparate pentru verificarea și măsurarea principalelor elemente ale filetului

Elementul filetului	Metoda de verificare sau măsurare	Aparatul utilizat
Unghiul flancurilor și pasul	Verificarea cu profilul contrapiesei ideale	Șabloane sau lere de filet
Diametrul mediu d_2	Verificare cu calibre	Calibre limitative fixe; calibre potcoavă reglabile cu comparator.
	Măsurarea între vîrfuri Măsurarea cu sîrme calibrate	Micrometru pentru filet Micrometru cu suport pentru sîrme; micrometru cu suporturi speciale pentru sîrme; optimetru cu suporturi pentru sîrme
Diametrul exterior d și interior d_1	Cu vîrfuri de măsurare	Micrometru pentru filete; șubler
Pasul	Cu vîrfuri Cu flancuri	Aparat comparator cu vîrfuri sferice (pasametru); Aparat de măsurare a pasului
Unghiul flancurilor	Cu pîrghie	Comparator; raportor
Pasul și diametrele exterior, interior și mediu	Cu secțiuni axiale (cuțite) Metoda umbrelor (contur)	Microscop universal Microscop de atelier

Scanned with CamScanner

piesei, iar diviziunile laterale la verificarea pasului filetului. Există șabloane pentru toate felurile de filete întîlnite curent (fig. 112, *b* și *c*).

Pasul filetului sau numărul de pași pe unitatea de lungime se verifică prin suprapunerea unei lame de oțel, șablon sau leră de filet, de-a lungul generatoarei piesei filetate.

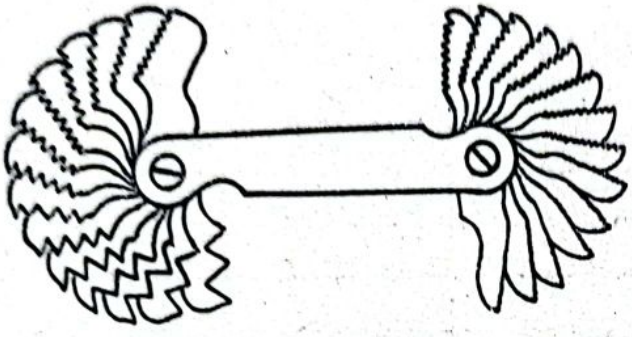


Fig. 113. Garnitură normală de șabloane pentru măsurarea și verificarea filetelor.

Mai multe șabloane de acest fel, asamblate la cele două capete cu două plăcuțe-suport (fig. 113), formează o garnitură de lere pentru filet. Garnitura de lere pentru filet metric cuprinde șabloanele cu următorii pași: 0,40; 0,45; 0,50; 0,60; 0,70; 0,75; 0,80; 0,90; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00; 2,50; 3,00; 3,50; 4,00; 4,50; 5,00; 5,50; și 6,00 mm, iar cea pentru filet Whitworth: 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 19; 20; 24 și 28 pași pe țol.

Calibrele-tampon limitative fixe pentru filete interioare și inel, pentru filete exterioare servesc la asigurarea în mod mecanic și expeditiv a menținerii toleranțelor de execuție în timpul fabricației. Calibrele cu părțile „trece“ și „nu trece“ de acest fel constituie contrapiesele limită, în afara dimensiunilor cărora filetul executat este necorespunzător.

Calibrul „trece“, care trebuie să se înșurubeze ușor, asigură posibilitatea de înșurubare a piesei controlate, iar calibrul „nu trece“, care trebuie cel mult „să prindă“, asigură calitatea ajustajului. Pentru îndeplinirea acestor condiții, calibrul „trece“ trebuie să aibă flancurile complete și lungimea lui trebuie să fie cel puțin egală cu 0,8 *d*, în timp ce calibrul „nu trece“ este bine să aibă flancurile întrerupte pe 1/3 din lungimea lor, pentru a se evita influența erorii unghiulare, iar lungimea lui este numai de 1—3 pași.

În vederea reducerii timpului auxiliar, pentru măsurarea pieselor între operații este recomandat să se folosească pentru verificarea dimensiunilor finale ale semifabricatului, de exemplu, diametrul exterior al alezajului de la care pornește filetarea și care constituie diametrul exterior al șurubului, respectiv diametrul interior al piuliței de prelucrat, cu același instrument de măsurare ca și pentru verificarea

Scanned with CamScanner

filetului propriu-zis. În acest scop, calibrul-tampon începe cu o parte netedă cu diametrul egal cu diametrul interior, iar calibrul-inel începe cu o parte netedă cu diametru egal cu diametrul exterior.

Pentru a se crea posibilități mai mari și pentru a se lungi durata de utilizare a calibrelor filetate, pentru con-

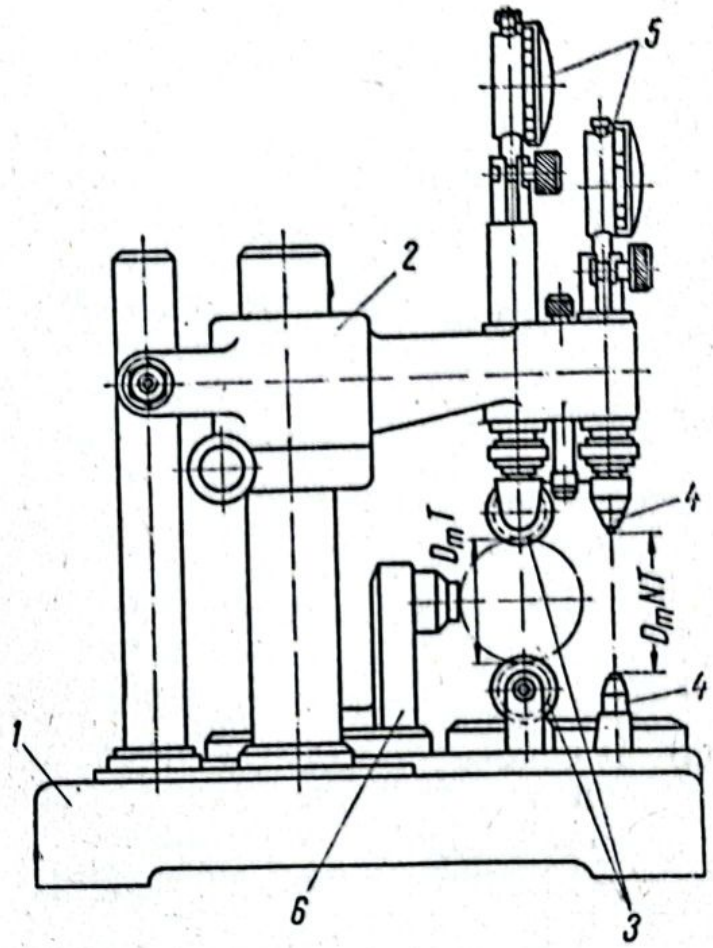


Fig. 114. Aparat indicator cu comparator pentru controlul filetelor exterioare.

trolul filetelor exterioare se execută calibre-filet limitative reglabile, fără sau cu aparate indicatoare.

Aparatul indicator de verificare a filetelor exterioare (fig. 114) constă din suportul cu coloană *1* și suportul mobil *2*, prevăzuți cu rolele filetate *3* pentru partea „trece", D_mT și cu palpatoarele sferice *4* pentru partea „nu trece", D_mNT. Suporturile elementelor *3* și *4* din partea superioară se reglează la poziția zero cu ajutorul calibrelor etalon și al comparatoarelor *5*. Deplasările respective se citesc pe cadranele comparatoarelor. Piesa de verificat se introduce între

Scanned with CamScanner

palpatoarele *4*, făcîndu-se prima citire „nu trece“ și apoi se împinge între rolele *3* pînă la sprijinirea pe reazemul *6*, făcîndu-se ultima citire „trece“.

Dispozitive mai simple care îndeplinesc aceeași funcție au rolele părții „nu trece“ montate pe axe fixe și numai rolele părții „trece“ sînt prevăzute cu comparator.

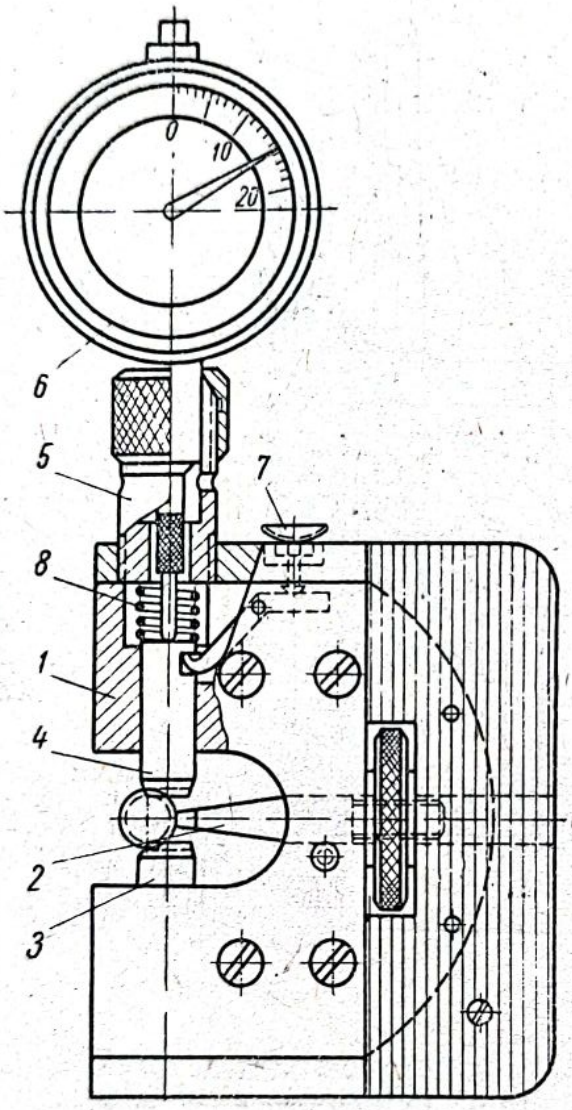


Fig. 115. Calibru potcoavă cu comparator pentru filete.

În locul rolelor, unele dispozitive folosesc semiinele sau pieptene filetate. În fig. 115 este reprezentat un calibru-potcoavă, pieptene cu comparator. Corpul *1* al calibrului în formă de potcoavă este prevăzut cu reazemul reglabil *2*, pieptenele fix *3* și pieptenele mobil *4* pe care se reazemă tija comparatorului *6* montat în bucșa *5*. La așezarea piesei de verificat pieptenele *4* este ridicat cu ajutorul sistemului de pîrghii *7* și apoi, sub acțiunea arcului *8*, revine la poziția de lucru, luînd contact cu filetul. Citirea abaterii față de poziția zero a filetului etalon se face pe cadranul comparatorului *6*. Aparatul servește la sortarea filetelor din clasele de precizie *1* și *2* după diametrul mediu prescris, jucînd rol de calibru de filet „trece“. Dacă se înlocuiește pieptenele prin palpatoare sferice sau prin pieptene cu un singur dinte, atunci se poate face sortarea filetelor pe grupe, după diametrul mediu propriu-zis, ca și controlul conicității și ovalității filetelor, dispozitivul jucînd în acest caz rol de calibru pentru filet partea „nu trece“.

Verificarea diametrului mediu al filetelor interioare se poate face cu aparate cu comparator (fig. 116). Aparatul se compune din corpul *1* cu piulița *2*, la care se montează cali-

Scanned with CamScanner

brul-tampon de ghidare filetat *4*. Acul conic *6* este menținut în poziție neactivă prin sprijinirea adaosului său *8* pe pîrghia cu buton de acționare *5*. La apăsarea butonului *5*, acul conic *6* este împins de arcul *9*, mișcarea lui în jos fiind urmărită de acul indicator al comparatorului *3*. Adaosurile cu cap sferic *7* sînt deplasate de acul conic *6* pentru măsurarea diametrului mediu al filetului interior cu care s-a înșurubat calibrul-tampon *4*.

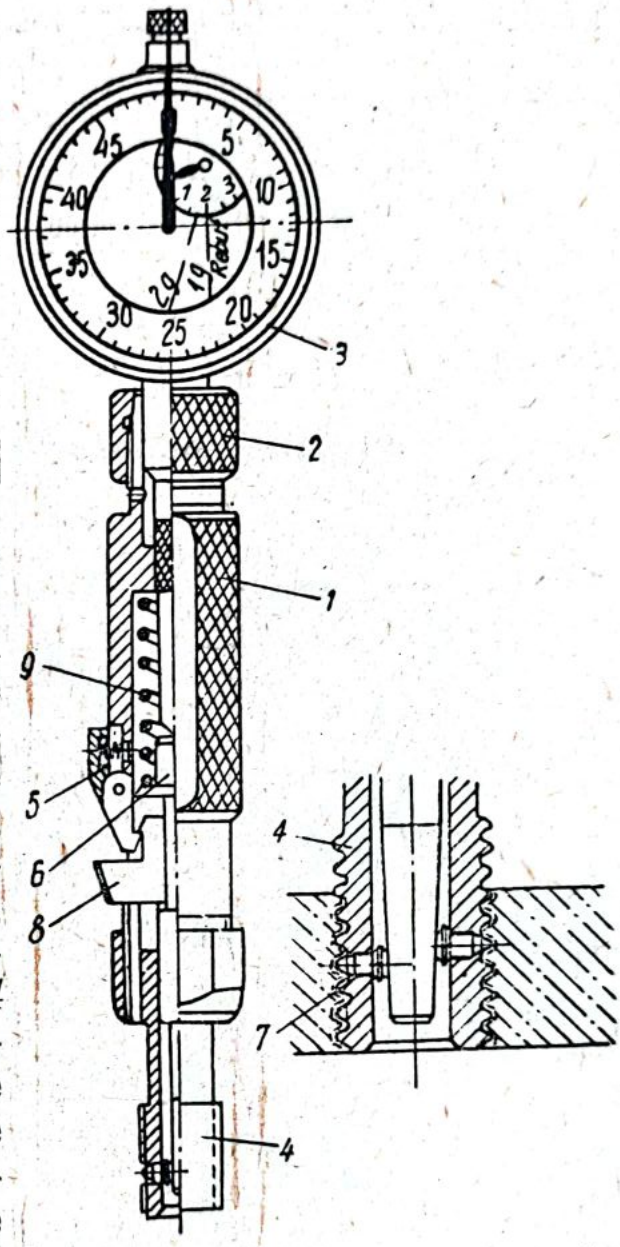


Fig. 116. Aparat cu comparator pentru măsurarea filetelor interioare.

5.2. Aparate cu șurub micrometric. Micrometre

Micrometrele pentru filet (fig. 117) sînt folosite la măsurarea diametrului mediu d_2 al filetelor. Aceste micrometre au o construcție specială care permite folosirea adaosurilor *6*, *7*, *8*, *9* și *10*, necesare măsurării filetelor. Potcoava *1*, nicovala *2*, șurubul micrometric *3*, brațul cilindric *4* și tamburul *5* nu se deosebesc de elementele similare ale micrometrelor obișnuite decît prin găurile cu diametrul de 3,5 mm, executate în nicovală și în capătul șurubului micrometric. În fiecare gaură este fixată cîte o bilă pe care se sprijină cozile adaosurilor pentru măsurare. Vîrfurile adaosurilor pentru măsurare se execută pereche, fiecare pereche servind la măsurarea diametrului mediu d_2 al filetului, într-un anumit interval de pasuri și de unghiuri de profil. Pentru ca adaosurile pentru măsurare să se poată fixa fără joc în găuri, coada lor este despicată, putîndu-se căsca la nevoie. Crestă-

Scanned with CamScanner

tura se execută dezaxat, pentru a se putea totuși asigura un contact satisfăcător între suprafața adaosului și bila de reazem.

Reglarea la zero a micrometrelor cu limita de măsurare 0—25 mm se face în poziția de contact a perechii de adaosuri folosite. Pentru a se asigura posibilitatea reglării la

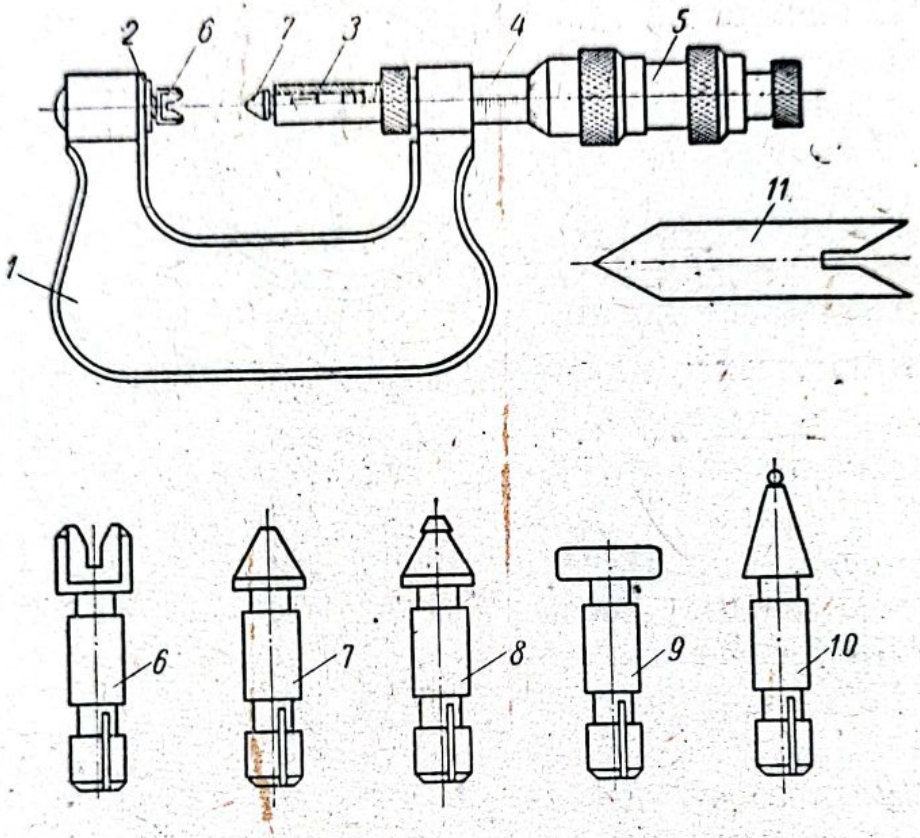


Fig. 117. Micrometru pentru filete, cu accesoriile respective.

zero cu oricare dintre perechile de adaosuri, tamburul *5* se execută extensibil, fiind format din două jumătăți asamblate cu o bucșă crestată care se poate strînge cu piuliță. Pentru reglarea la zero a micrometrelor cu limitele de măsurare mai mari de 25 mm se folosesc calele de reglare *11* cu capete profilate, corespunzător adaosurilor pentru măsurare respective.

Erorile de măsurare a diametrului mediu al filetului cu ajutorul micrometrului pentru filet sînt aproximativ de două ori mai mari decît erorile de măsurare ale micrometrelor netede de precizie obișnuită. Aceasta din cauză că intervin atît erorile de execuție a semiunghiului flancurilor cît și acelea ale vîrfului însuși al filetului. Ca urmare, indicațiile micrometrului sînt totdeauna superioare

Scanned with CamScanner

diametrului mediu real al filetului, ceea ce face ca micrometrul pentru filet să nu fie folosit pentru măsurarea calibrelor pentru filet sau a tarozilor de precizie.

Verificarea micrometrelor pentru filet se face cu ajutorul calelor plan-paralele sau al vîrfurilor plate *9* (fig. 117). Verificarea după echiparea cu fiecare pereche de adaosuri se face cu ajutorul calibrelor pentru filet, cu precizia certificată.

5.3. Sîrme pentru măsurarea filetelor

Diametrul mediu al unui filet exterior se poate determina prin calcul, așezînd în golurile opuse ale filetului trei sîrme de același diametru, așa cum este indicat în fig. 118, și apoi măsurînd cu micrometrul sau cu optimetrul orizontal lungimea M. Dacă AB este jumătatea diametrului d_s al sîrmei, BD este distanța de la centrul sîrmei pînă la fundul filetului și CD este distanța de la linia diametrului mediu la fundul filetului, atunci se recunoaște ușor că valoarea diametrului mediu d_2 se poate determina, după măsurarea lungimii M, din relația

$$d_2 = M - 2AB - 2\,BD + 2CD.$$

Secțiunea sîrmei este un cerc tangent la linia profilului filetului într-un punct oarecare pentru o sîrmă oarecare. Pentru ușurința măsurării se recomandă să se folosească la fiecare filet sîrme cu diametrul optim, adică acele sîrme al căror punct de tangență E să coincidă cu intersecția liniei profilului cu linia diametrului mediu. În acest caz, distanța EC reprezentînd un sfert de pas, $p/4$, diametrul sîrmei este legat de pas printr-o simplă relație, prin a cărei rezolvare se găsesc pentru filetele standardizate valorile diametrelor d_s ale sîrmelor optime pentru controlul filetelor (tabela 15).

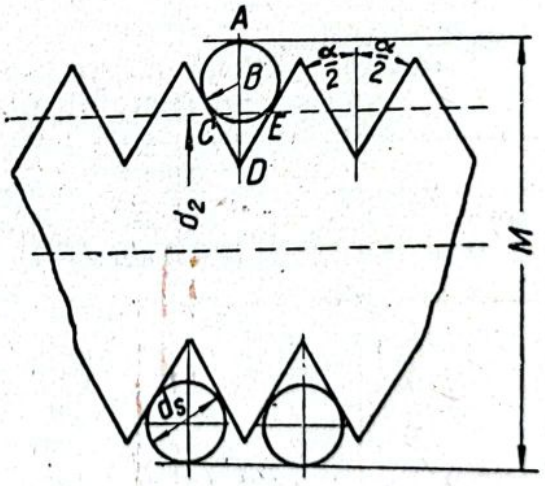


Fig. 118. Schema de măsurare a filetului cu ajutorul a trei sîrme.

TABELA 15

Diametrele optime ale sîrmelor pentru filete metrice

Pasul mm	Diametrul sîrmei mm	Pasul mm	Diametrul sîrmei mm	Pasul mm	Diametrul sîrmei mm	Pasul mm	Diametrul sîrmei mm
0,2	0,118	0,5	0,291	1,25	0,724	3,5	2,020
0,25	0,142	0,6	0,343	1,5	0,866	4,0	2,311
0,3	0,170	0,7	0,402	1,75	1,008	4,5	2,595
0,35	0,201	0,75	0,433	2,0	1,157	5,0	2,886
0,4	0,232	0,8	0,461	2,5	1,441	5,5	3,117
0,45	0,260	1,0	0,572	3,0	1,732	6,0	3,468

Dacă în relaţia precedentă se exprimă toate mărimile din membrul al doilea în funcţie de diametrul d_s al sîrmei, pasul p al filetului şi jumătatea unghiului $\alpha/2$ profilului filetului şi dacă se ţine seamă că pentru filetul metric $\alpha/2 = 30°$, atunci se poate pentru diametrul mediu d_2 foarte uşor ajunge la expresia:

$$d_2 = M - 3d_s + 0{,}866\ p.$$

Pe baza acestei relaţii a fost întocmită tabela 16 pentru diferitele valori nominale curente ale mărimilor p şi d_s.

TABELA 16

Termen de calcul pentru determinarea diametrului mediu al filetului metric peste sîrme

Diametrul sîrmei d_s mm	Pasul mm	Termenul de calcul	Diametrul sîrmei d_s mm	Pasul mm	Termenul de calcul
0,291	0,5	0,440	0,008	1,75	1,509
0,343	0,6	0,510	0,157	2,00	1,739
0,402	0,7	0,600	1,441	2,50	2,158
0,461	0,8	0,691	1,732	3,00	2,598
0,572	1,00	0,851	2,020	3,50	3,029
0,724	1,25	0,090	2,311	4,00	3,469
0,866	1,50	0,301			

În fig. 119 este reprezentat un set de trei sîrme pentru măsurarea filetului. Parte de măsurare o constituie diametrul porţiunii mijlocii a sîrmelor. Sîrmele se execută după

Scanned with CamScanner

clasele de precizie 0 și 1. Sîrmele de clasa 0 se recomandă pentru controlul pieselor cu toleranța de cel puțin 4 μ la diametrul mediu, cum ar fi contracalibrele tampon de lucru; iar cele de clasa 1, pentru controlul pieselor cu toleranța de cel puțin 8 μ, cum ar fi calibrele de lucru, tarozii normali etc. Pe etichete se marchează diametrul nominal și clasa de precizie.

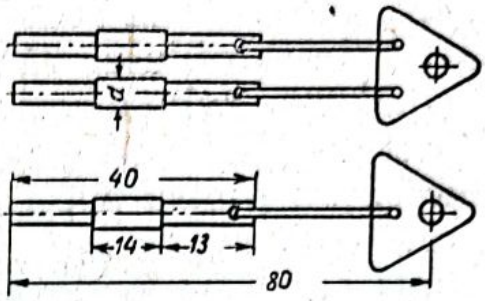


Fig. 119. Set de sîrme pentru măsurarea filetelor.

De obicei, măsurarea dimensiunii *M* se face în atelier cu micrometrul. Pentru evitarea dificultății ținerii cu mîna a micrometrului, a piesei de măsurat și a sîrmelor se fixează micrometrul în suport, iar micrometrului i se adaptează un suport pentru sîrme (fig. 120). După așezarea sîrmelor se măsoară dimensiunea *M* și se scade din ea termenul corespunzător diametrului sîrmei și pasului respectiv (v. tabela 16).

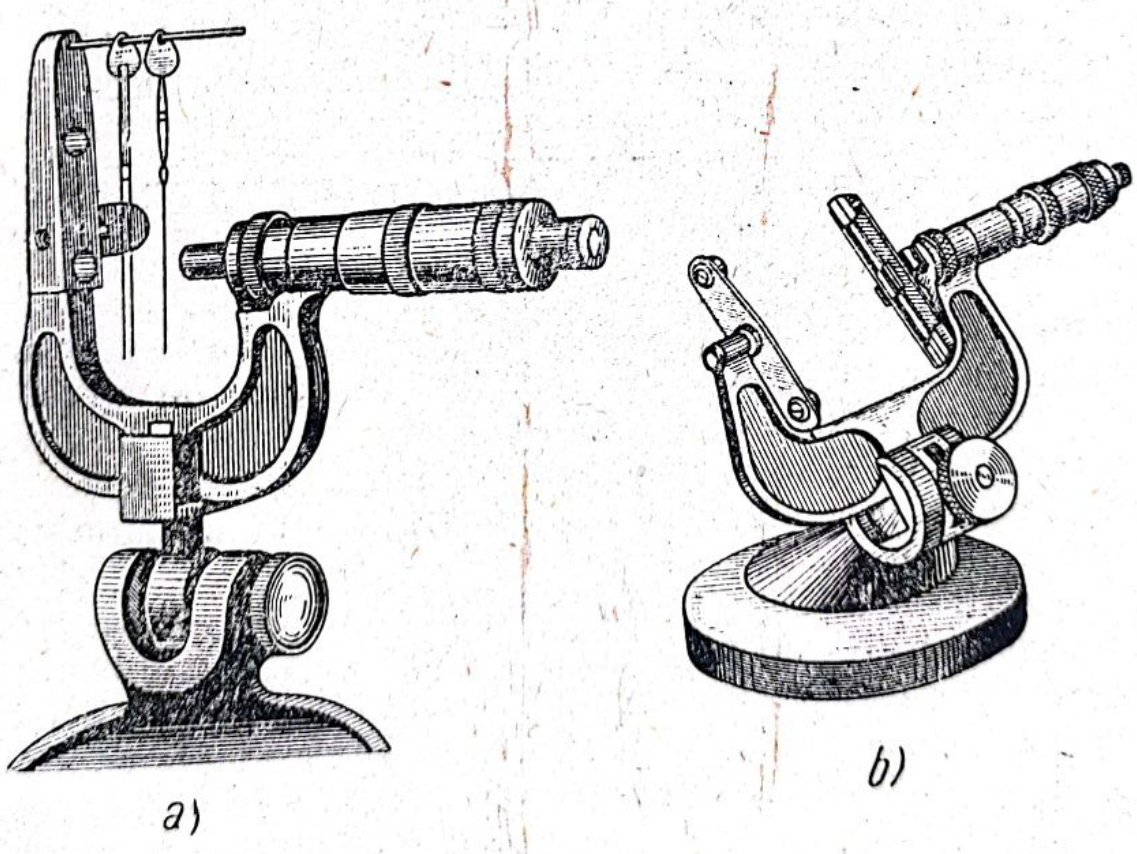


Fig. 120. Micrometre cu suporturi pentru controlul filetelor prin metoda celor trei sîrme:

a — cu sîrmele suspendate; *b* — cu sîrmele montate în saboți speciali.

Scanned with CamScanner

5.4. Aparate optice de măsurare a filetului

Microscopul universal de măsurare poate servi la măsurarea cu precizie superioară a diametrului mediu al filetului exterior. Din cauza formei spirale a piesei, imaginea conturului profilului văzută prin ocular sau proiectată pe ecranul aparatului nu este imaginea precisă a secțiunii axiale a filetului. Pentru înlăturarea acestui inconvenient se folosesc cuțite pentru măsurare (fig. 121). Cuțitele pentru măsurare (fig. 121, *a*) sînt piese special construite ca formă și dimensiuni, astfel încît la așezarea lor pe masa microscopului, tăișul să fie suprapus peste flancul filetului (fig. 121, *b*) exact la nivelul secțiunii lui

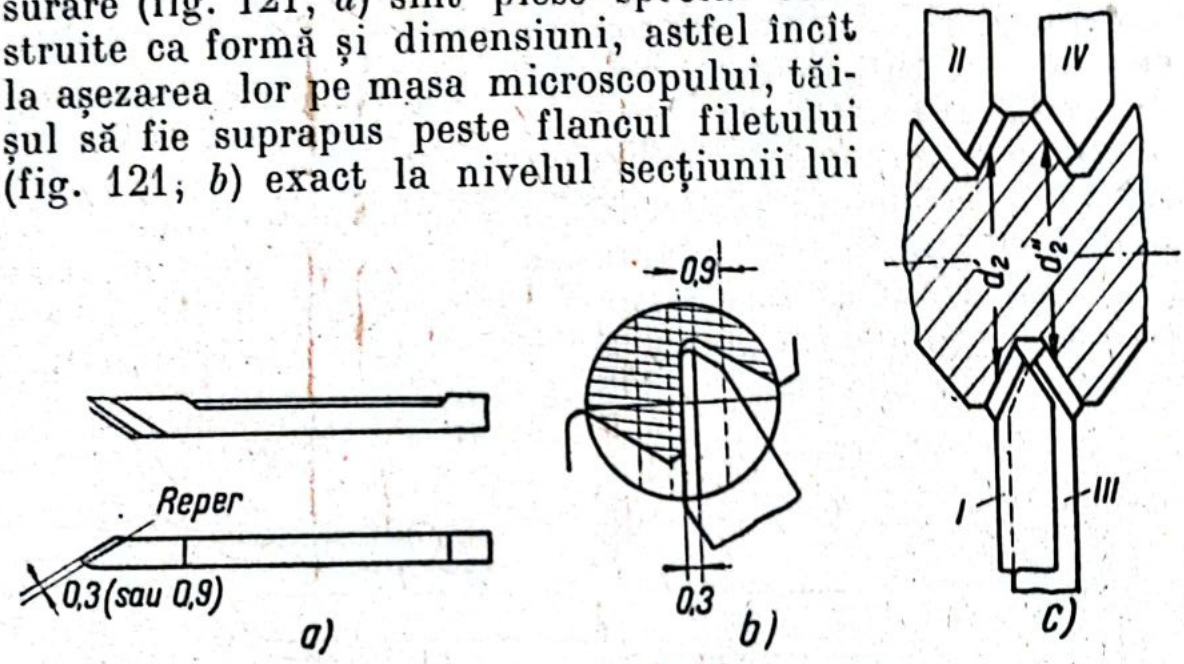


Fig. 121. Măsurarea diametrului mediu al filetului la microscop cu ajutorul cuțitelor.

axiale. Suprafața superioară a cuțitului este lepuită și poartă trasat un reper paralel cu muchia. Distanța de așezare a reperului față de tăiș, denumită *dimensiune de lucru a cuțitului*, este de 0,3 mm pentru cuțitele folosite la măsurarea filetelor cu pas pînă la 1,5 mm și de 0,9 mm la cuțitele cu pas mai mare de 1,5 mm.

Ocularul microscopului universal adaptat pentru măsurarea cu cuțite este prevăzut, în afară de reperele continue centrale, așezate la 90° unul față de celălalt, cu linii întrerupte, așezate paralel cu una din liniile centrale continue, la distanțele 0,3 mm respectiv 0,9 mm, atît în partea stîngă cît și în cea dreaptă a ei, astfel încît, la suprapunerea uneia din aceste linii întrerupte cu reperul corespunzător al cuțitelor dreapta sau stînga, linia centrală continuă a reticulului ocularului să coincidă cu tăișul cuțitului (fig. 121, *b*).

Scanned with CamScanner

Pentru efectuarea măsurării se așază cuțitul stînga (fig. 121, *a*) întîi în poziția *I* și apoi în poziția *II*, observîndu-se să nu existe nici o fantă de lumină, și cu ajutorul microscopului pentru citirea deplasărilor transversale se fac cele două citiri ale poziției mesei. Diferența celor două citiri reprezintă valoarea d'_2 a diametrului mediu pentru poziția cu cuțit stînga.

Pentru a se obține o precizie mai mare se repetă aceeași operație, pentru pozițiile *III* și *IV*, cu cuțitul dreapta și se determină valoarea d''_2 a aceluiași diametru. Media aritmetică a celor două diametre măsurate este diametrul mediu căutat $d_2 = \frac{d'_2 + d''_2}{2}$.

Măsurarea pasului filetului cu ajutorul microscopului universal de atelier se face punîndu-se în coincidență două laturi succesive de același fel ale filetului cu același fir reticular al ocularului și făcîndu-se diferența celor două citiri.

Tot cu ajutorul microscopului universal se măsoară și semiunghiul de profil al filetului. Măsurarea se face prin suprapunerea firului reticular al ocularului cu flancul filetului. Citirea se face pe scara circulară a aparatului. Eliminarea erorilor provocate de necoincidența axei filetului cu

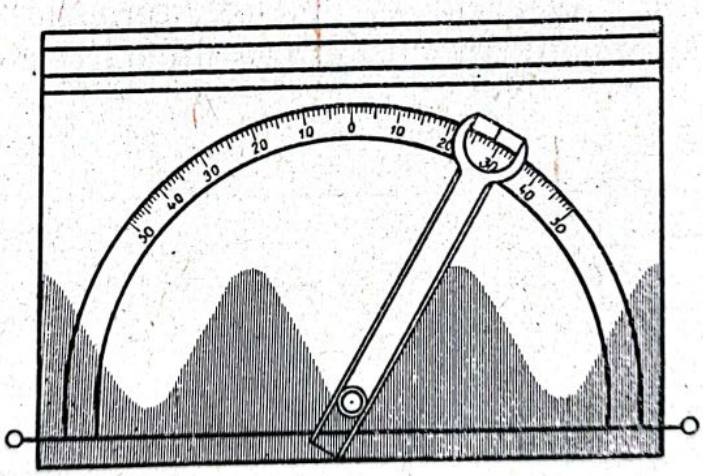


Fig. 122. Raportor cu umbră pentru filete.

axa centrelor se face prin efectuarea măsurării fiecărei jumătăți de unghiuri dreapta și stînga, din ambele părți ale filetului și făcînd o medie analogă celei de măsurare a diametrului mediu cu ajutorul cuțitelor.

Atît controlul complex al filetelor exterioare cît și măsurarea semiunghiului de profil se pot efectua și cu ajutorul proiectorului. Controlul complex se face prin compararea

Scanned with CamScanner

filetului etalon cu filetul de controlat. Ele trebuie să se suprapună pe toată lungimea de înșurubare. Măsurarea semiunghiului de profil la proiector se face cu ajutorul raportorului cu umbră (fig. 122). Raportorul cu umbră constă dintr-un cadran divizat în grade la stînga și la dreapta reperului central zero și dintr-un indicator mobil. Linia de bază a raportorului se așază paralel cu axa filetului. Precizia este de ordinul fracțiunilor de grad apreciabile cu ochiul liber. În general, măsurările efectuate cu proiectoare sînt expeditive, însă de o precizie redusă.

5.5. Alte metode, instrumente și aparate de măsurare a filetelor

Pasametrele fixe sau portabile sînt aparate destinate măsurării pasului. Majoritatea acestora sînt aparate cu pîrghii și cu palpatoare sferice. Schematic, un pasametru portabil (aplicabil) se prezintă ca în fig. 123. Bara conducătoare *1* ghidează prismele cu arcuri *5* pentru așezare pe piesa de măsurat și poartă de asemenea palpatorul fix *3* și palpatorul mobil *4*. Indicațiile aparatului se citesc cu ajutorul comparatorului. Aparatul se pune la zero fie cu ajutorul calibrelor filet-model, fie cu ajutorul blocurilor de cale pre-

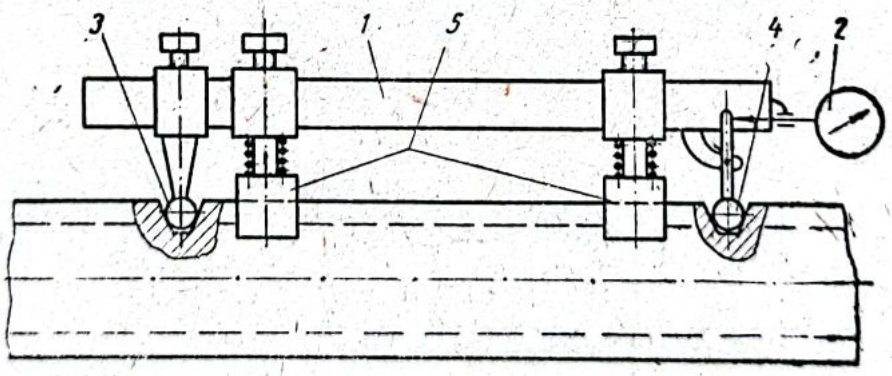


Fig. 123. Pasametru portabil cu două palpatoare.

văzute la capete cu cale speciale. Abaterea de la pasul teoretic se transmite, prin brațul articulat al palpatorului mobil *4*, comparatorului *2*.

Verificarea pasului șuruburilor mari inferioare clasei 3 de precizie se face în atelier prin comparare cu pasul corespunzător al mașinilor-unelte etalon. În suportul cuțitului mașinii-unelte etalon se fixează un suport special *1* (fig. 124),

Scanned with CamScanner

care poartă două comparatoare, *3* și *7*, ale căror tije se sprijină pe piulițele *4* și *5*. Piulițele pot avansa pe șurubul de verificat *6* cînd acesta se rotește antrenat de șurubul etalon al mașinii-unelte. Se verifică astfel prin deplasare la dreapta și la stînga flancurile respective și pasul șurubului de măsurat. Abaterile se citesc la cele două comparatoare.

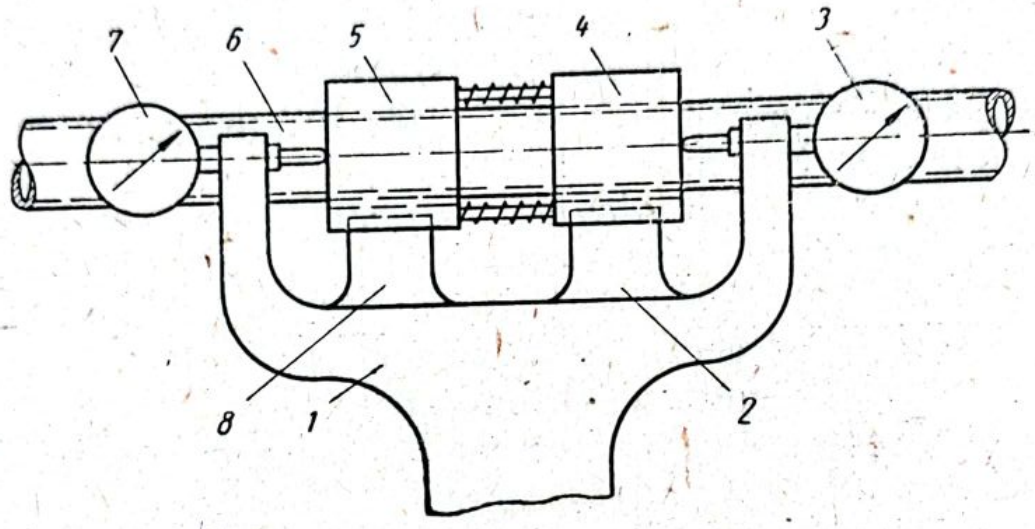


Fig. 124. Dispozitiv pentru măsurarea pasului pe mașini-unelte etalon.

Elementele filetelor conice mai rar întîlnite în practica de atelier se verifică și se măsoară prin metode și mijloace similare celor folosite pentru filetele cilindrice.

VI. Instrumente și aparate de măsurare a roților dințate

Roțile dințate, elemente ale asamblărilor prin angrenare, sînt, ca și piesele filetate, repere complexe a căror verificare necesită măsurarea unui număr mare de parametri diferiți. Deoarece atît ca execuție cît și ca funcționare, ele sînt legate de axa de rotație nu sînt suficiente verificarea și măsurarea elementelor dinților, ci trebuie verificată poziția lor față de axă, în condiții cît mai apropiate de condițiile reale de funcționare.

Pentru îndeplinirea acestor condiții, fără ca totuși să se considere suficiente, se recomandă efectuarea următoarelor verificări:

Scanned with CamScanner

— verificarea parțială sau pe elemente a roților dințate, cuprinzînd pasul, grosimea dinților, excentricitatea, profilul, direcția dinților; verificarea acestor elemente se face independent sau în funcție de axa roții;

— verificarea complexă a roților dințate în angrenare cu roți dințate etalon sau cu roți pereche.

Din punctul de vedere al rolului asigurării calității optime, verificările și măsurările se împart în trei categorii:

— verificare de exploatare (finală), care se efectuează asupra preciziei cinematice (în mișcare), contactului între dinți, mărimea jocurilor etc.;

— verificarea tehnologică a elementelor geometrice în timpul executării operației de danturare, îndeosebi așezarea pe mașina-unealtă pentru evitarea bătăii frontale sau radiale, efectuată de cele mai multe ori cu roțile de prelucrat prinse în dispozitivele de prelucrare;

— verificarea preventivă prin verificarea mijloacelor de producție (S.D.V.-uri).

Instrumentele și aparatele universale sau speciale, fixe sau portabile, folosite la măsurarea roților dințate, se clasifică, după metodele de măsurare și după felul roților dințate, după cum urmează.

6.1. Instrumente și aparate de măsurare a elementelor roților dințate cilindrice

Parametrul cel mai important al roților dințate, pasul, a cărui variație de-a lungul circumferinței are un caracter periodic, datorită influenței excentricității se poate verifica cu ajutorul unui aparat optic de măsurare a unghiurilor, goniometrul sau teodolitul. Aparatul optic se așază coaxial cu roata dințată și se execută o mișcare de rotație, aducînd fiecare dinte pe rînd în contact cu un opritor. După fiecare mișcare de rotație a roții, care deplasează luneta aparatului optic cu un pas, se readuce luneta în poziția inițială, citindu-se unghiul corespunzător pe cercul său gradat și pe tamburul șurubului de antrenare. Precizia de măsurare depinde de precizia aparatului optic.

De obicei, măsurarea pasului se efectuează cu aparatul universal de verificare a roților dințate. Aparatul universal reprezentat în fig. 125 este propriu verificărilor roților dințate de toate tipurile și constă din următoarele trei părți

Scanned with CamScanner

principale; suportul *1*, dispozitivul *2* pentru așezarea roților dințate și dispozitivul *3* pentru măsurare. Dispozitivul de așezare este rotativ, pentru a permite așezarea în poziția dorită a oricărui tip de roată dințată și se poate fixa în orice poziție. Roata dințată de măsurat se fixează pe un dorn care se prinde între vîrfurile suportului, putînd fi rotită și imobilizată în orice poziție ungiulară.

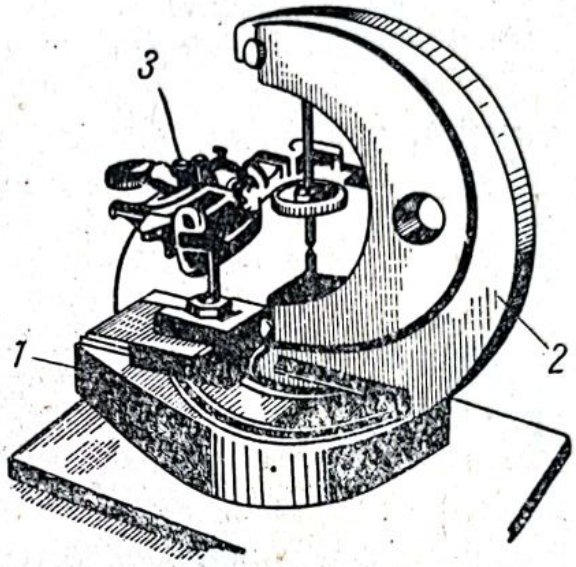


Fig. 125. Aparat universal pentru verificarea roților dințate.

Dispozitivul pentru măsurare (fig. 126) este montat pe un cărucior mobil, putîndu-se mișca la rîndul său în cele trei direcții ortogonale. Pe placa de bază a acestui dispozitiv se află o piesă tubulară A prevăzută cu opritorul *4*. În interiorul piesei tubulare poate culisa brațul B solidar cu palpatorul *5* și prevăzut cu șurubul de reglare *6*. Sub acțiunea arcului *9*, palpatorul *5* vine în contact cu flancul dintelui

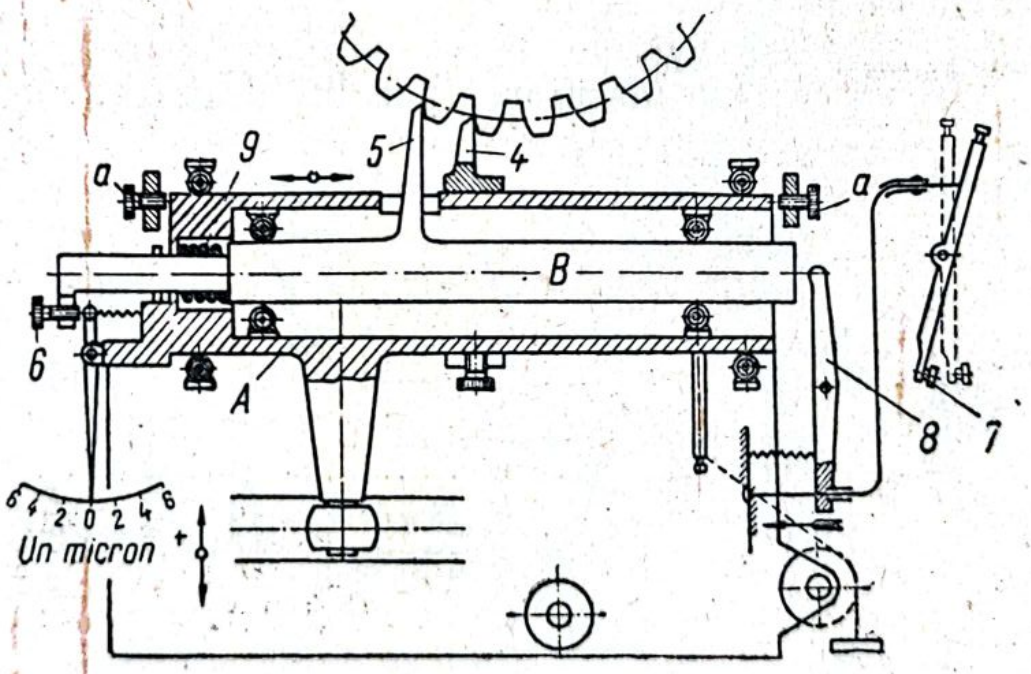


Fig. 126. Dispozitivul de măsurare al aparatului universal pentru măsurarea roților dințate.

roții dințate de verificat. Aceasta are loc cînd, prin apăsarea butonului *7*, pîrghia *8*, care apasă în mod obișnuit pe capătul din dreapta al șurubului de reglare *6*, este eliberată.

Scanned with CamScanner

Pentru măsurarea pasului, roata dințată *1* (fig. 127) este presată sub acțiunea greutății *2*, sprijinindu-se cu flancurile a doi dinți vecini pe palpatorul fix *3* și respectiv pe palpatorul mobil *4*. Se face reglarea la zero a aparatului comparator *5* și cu ajutorul său se citesc abaterile de la pasul teoretic, rotindu-se roata astfel, încît fiecare dinte să se așeze pe rînd în poziția pentru măsurare. Dacă se face media aritmetică a tuturor citirilor efectuate, se poate afla eroarea individuală de pas, scăzînd această valoare medie din fiecare valoare citită. Deoarece eroarea de pas se datorește aproape în întregime excentricității se va observa că erorile individuale de pas au un caracter periodic, arătînd o creștere sau o descreștere pînă la un maxim, urmată de revenirea la valoarea inițială.

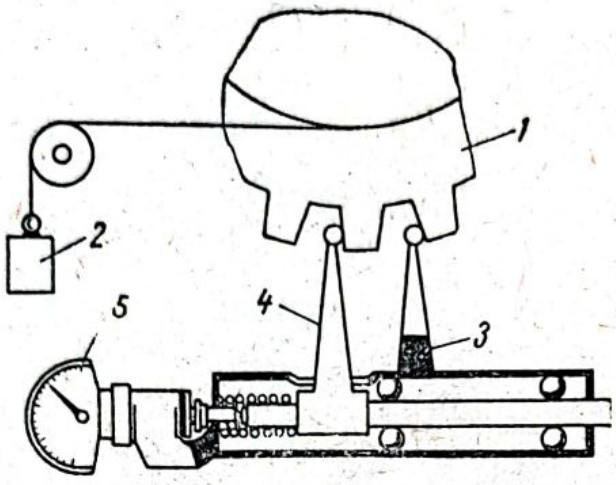


Fig. 127. Schema metodei de control a pasului cu un aparat universal.

Prin aceeași metodă și cu același aparat universal (fig. 128, *b*) se face măsurarea pasului de bază. Pasul de

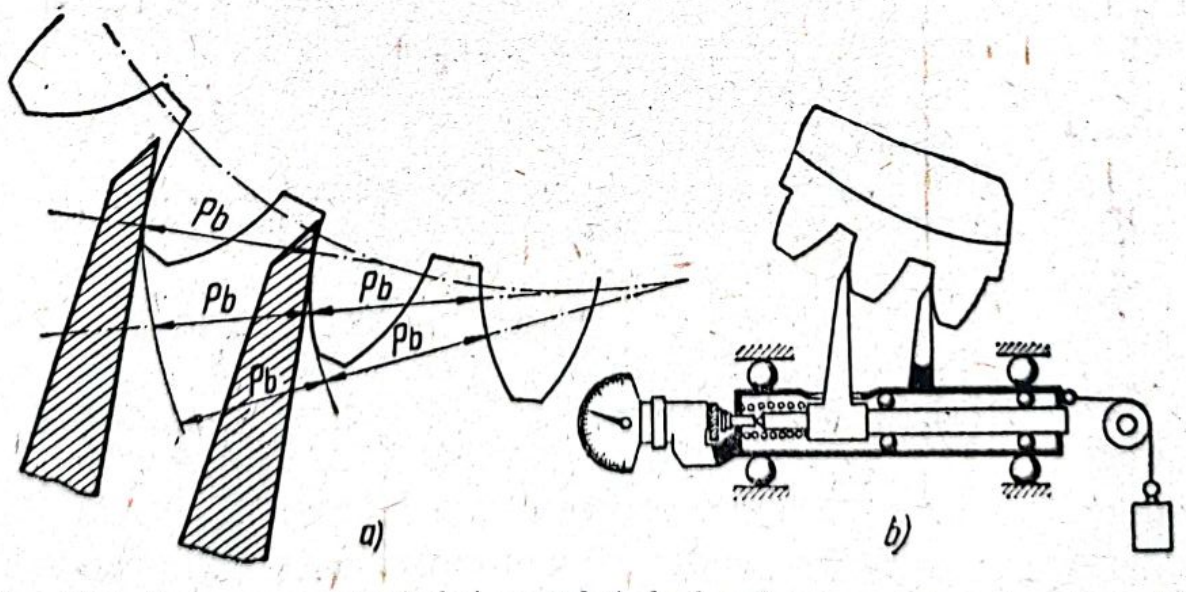


Fig. 128. Schema controlului pasului de bază cu un aparat universal.

bază p_b al unei roți cilindrice cu dinți drepți este egal cu distanța dintre două tangente paralele duse la două flancuri vecine (fig. 128, *a*).

Scanned with CamScanner

Măsurarea mai comodă a pasului de bază, a cărui precizie asigură mersul liniștit al angrenajului, se face cu ajutorul pasametrului (fig. 129). Se calculează și se montează blocul de cale egal cu dimensiunea teoretică a pasului de bază p_b în suportul *8*, încadrîndu-se între fălcile de reglare *7*.

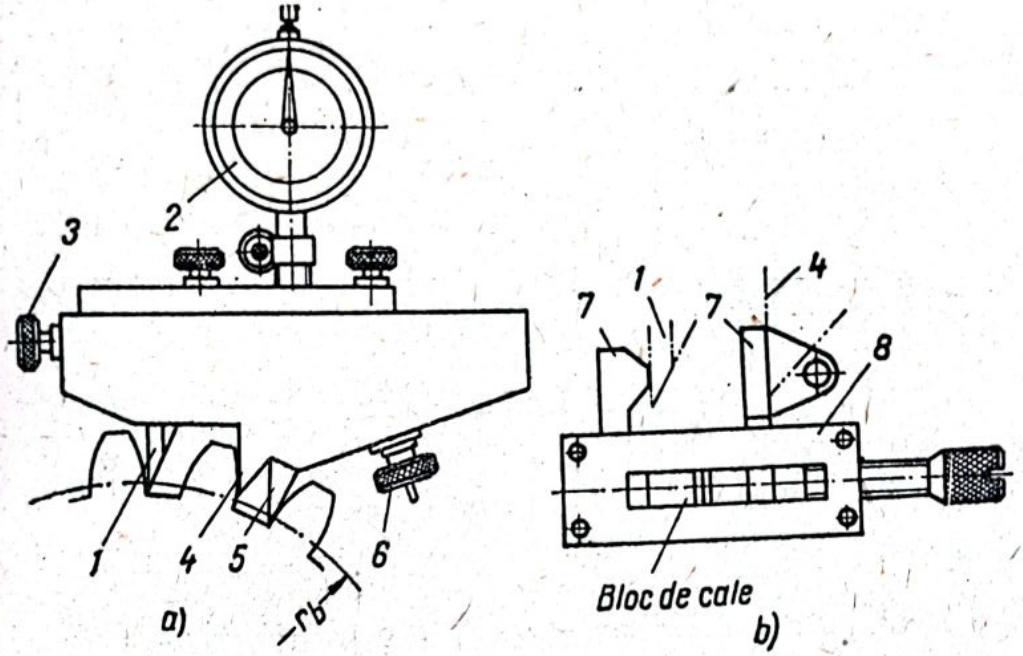


Fig. 129. Măsurarea pasului de bază cu ajutorul pasametrului.

Se reglează la zero pasametrul cu ajutorul blocului de cale, palpatorul său mobil *1* și cel fix *4*, fiind așezate pe fălcile de reglare *7*. Se așază pasametrul în poziția de măsurare și, după ce se ghidează bine cu ajutorul reazemului reglabil *5* și cu ajutorul șurubului *6*, se constată abaterea de la dimensiunea teoretică prin deplasarea acului indicator al comparatorului *2*. La nevoie palpatorul mobil *1* se poate fixa cu ajutorul șurubului *3*.

Grosimea dintelui, adică lungimea arcului de cerc pe cercul de divizare, corespunzătoare unui plin, este o dimensiune prescrisă ale cărei toleranțe trebuie respectate. Verificarea respectării acestor toleranțe se poate face prin măsurarea coardei respective, măsurarea radială, sau măsurarea dimensiunii peste mai mulți dinți.

Grosimea dintelui pe coarda cercului de divizare și înălțimea *a* a capului dintelui se măsoară cu șublerul pentru roți dințate (fig. 130). Acesta se compune din două rigle, *1* și *2*, asamblate prin nituire și ajustate la 90° una față de cealaltă. Ambele sînt prevăzute cu diviziuni din 0,5 în 0,5

Scanned with CamScanner

mm. Pe fiecare din ele culisează cîte un cursor *4* și *5*, prevăzute cu vernier și cu dispozitiv pentru avans fin. Cursorul *4* pentru măsurarea înălțimii dintelui este prevăzut cu rigleta limitativă *3*, care se mișcă solidar cu el.

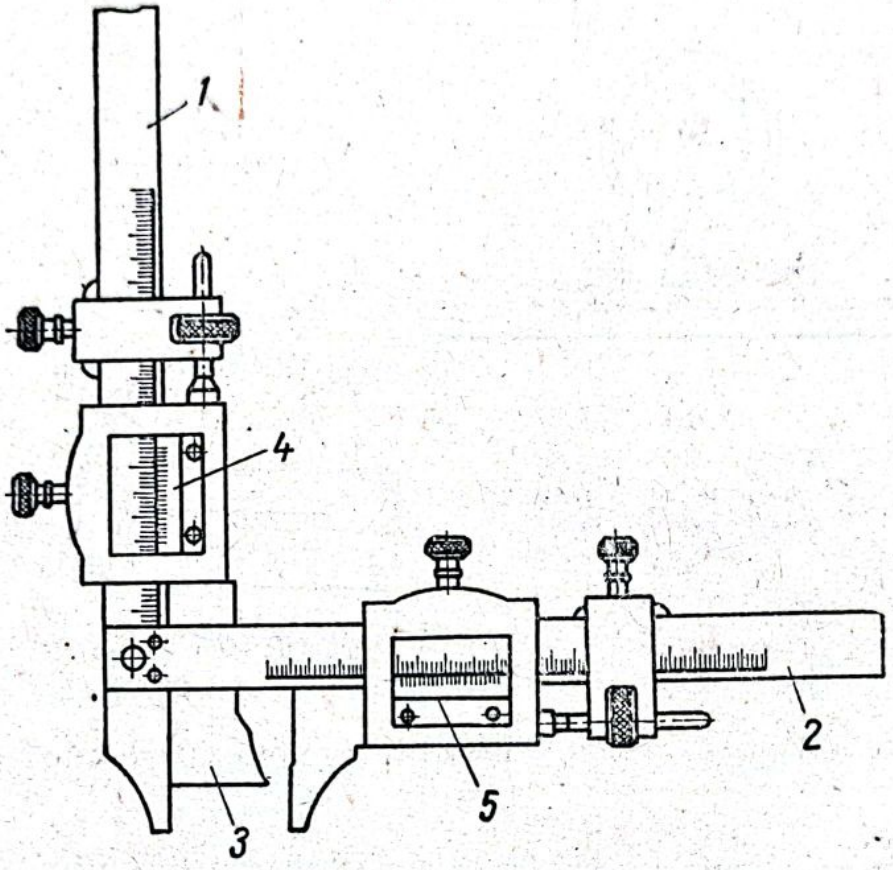


Fig. 130. Șubler pentru roți dințate.

Pentru a se măsura grosimea dintelui pe coarda cercului de divizare se așază în prealabil rigleta *3* la valoarea înălțimii dintelui, care se poate calcula sau găsi în tabele. Apoi se procedează exact ca la măsurarea obișnuită cu șublerul, rezemînd ușor rigleta *3* pe capul dintelui a cărui grosime se măsoară și cuprinzînd dintele între cele două ciocuri de măsurare. Rezultatul măsurării citit cu ajutorul vernierului *5* pe rigla *2* cu precizie de 0,02 mm se compară cu valoarea calculată teoretic sau extrasă din tabele.

Șublerele pentru roți dințate fabricate în uzinele noastre constructoare de aparate de măsurare și control se execută pentru măsurarea grosimii dintelui roților cu modul 1—15 mm. Mărimile imediat următoare corespund modulelor 5—25 mm și 5—30 mm. Precizia de citire pentru toate mărimile este de 0,02 mm.

Scanned with CamScanner

Măsurările executate cu șublerul pentru roți dințate nu sînt prea precise. Rezultate ceva mai precise și cu o uzură a aparatelor mai puțin rapidă se obține cu aparatul comparator pentru roți dințate (fig. 131), care este format din suportul *2* cu comparatorul *1* și cu ciocurile *3*, cel din stînga fix și cel din dreapta reglabil cu ajutorul șurubului micrometric *4*. Înainte de măsurare, aparatul se

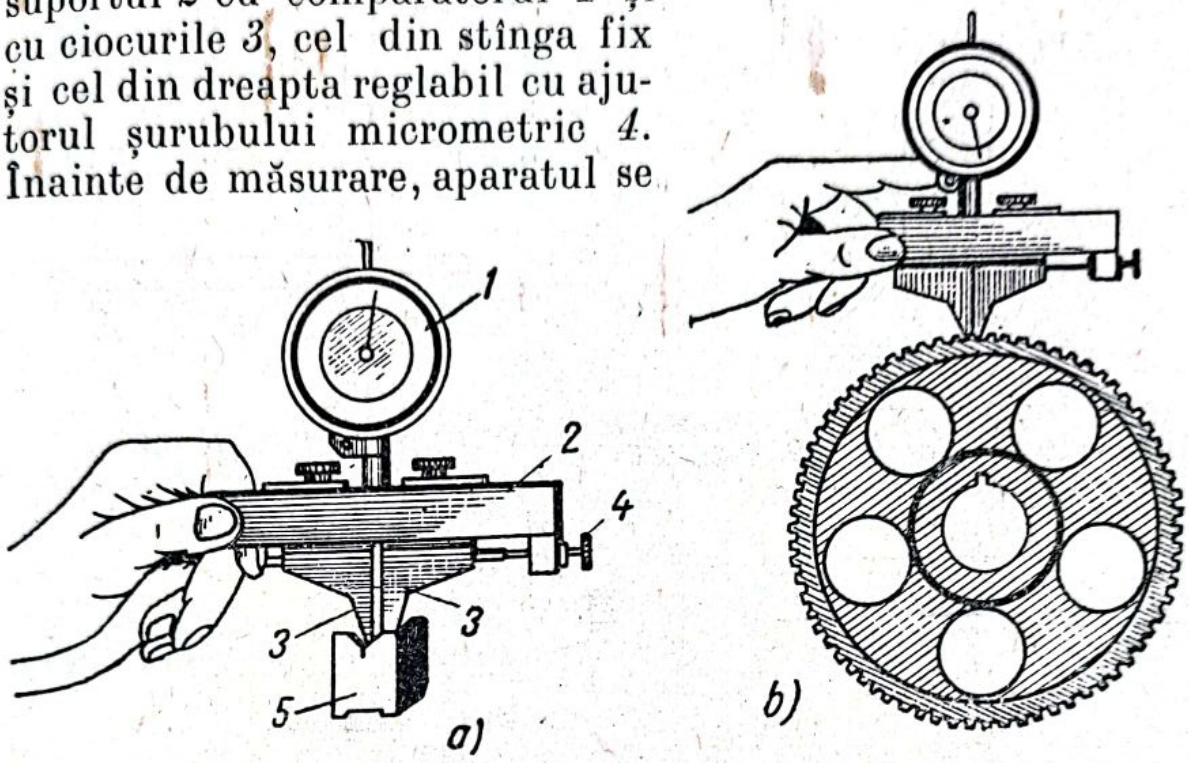


Fig. 131. Aparat cu comparator pentru roți dințate.

reglează la zero (fig. 131, *a*) cu ajutorul calibrului-model corespunzător în formă de rolă, așezat pe prisma *5*. Reglajul la zero constă în aranjarea distanței dintre ciocuri, astfel încît tija palpatoare a comparatorului se reazemă, avînd însă rezerva de cursă pe rolă. În această poziție se blochează ciocul mobil și se aduce acul indicator al comparatorului la zero. Se așază apoi aparatul (fig. 131, *b*) în poziția de măsurare citindu-se abaterea acului indicator.

Micrometrul optic pentru roți dințate (fig. 132) nu diferă ca principiu de șubler. La acest aparat însă, citirile se fac printr-o lupă de măsurare, prevăzută cu două scări așezate la 90° (fig. 133) una față de cealaltă, trasate pe un reticul de sticlă optică. Înălțimea capului dintelui se citește pe scara verticală, iar grosimea lui, pe scara orizontală. Valoarea diviziunilor este de 0,02 mm, cu posibilități de apreciere pînă la 0,005 mm.

Metoda măsurărilor radiale pentru determinarea grosimii dintelui este o metodă care se bazează pe variația distanței față de centrul roții unui palpator sferic introdus între din-

Scanned with CamScanner

ții roții, în funcție de variația grosimii dintelui. Pentru efectuarea unei asemenea măsurări se reglează la zero comparatorul și palpatorul sferic al tijei sale sprijinite pe cale egală cu valoarea nominală calculată a distanței respective

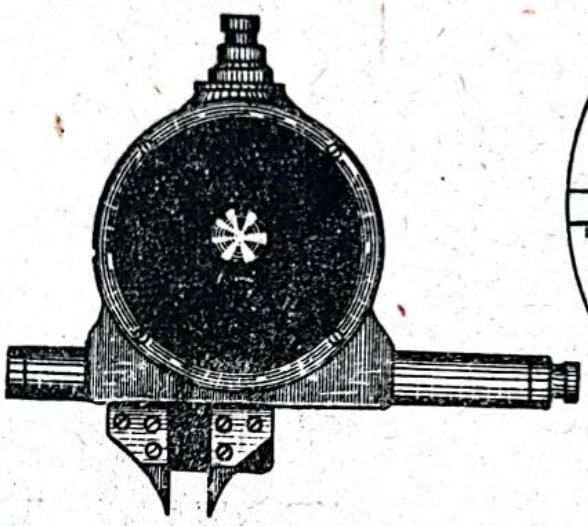


Fig. 132. Micrometrul optic pentru roți dințate.

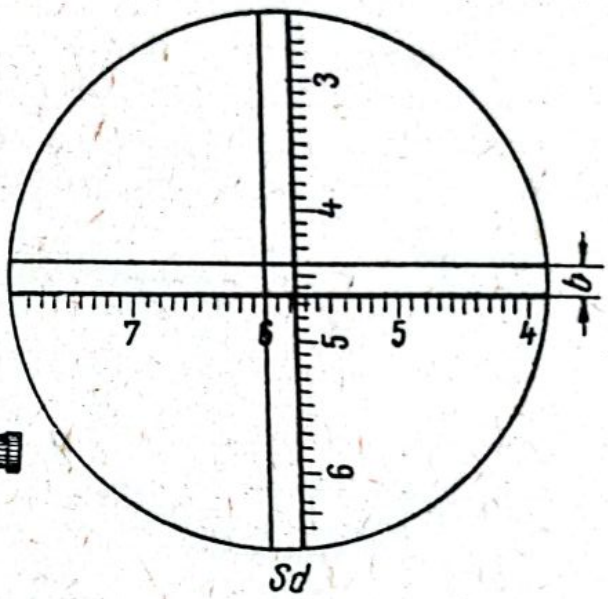


Fig. 133. Scările reticulare ale aparatului optic pentru roți dințate.

și apoi se înlocuiește cala cu roata de măsurat. Din valoarea abaterii citite a distanței la centru, se calculează, sau se găsește în tabele, abaterea corespunzătoare a grosimii dintelui.

Cea mai simplă și mai răspîndită metodă de măsurare a grosimii dintelui constă în măsurarea dimensiunii W peste mai mulți pași între suprafețele de măsurare paralele (fig. 134), cu ajutorul micrometrului cu pîrghie pentru roți dințate (fig. 135), care nu diferă de micrometrele obișnuite decît prin forma suprafețelor pentru măsurare, executate astfel încît să poată cuprinde un număr cît mai mare de dinți. Se execută pentru următoarele limite de măsurare: 0—25 mm; 25—50 mm; 50—75 mm; și 75—100 mm.

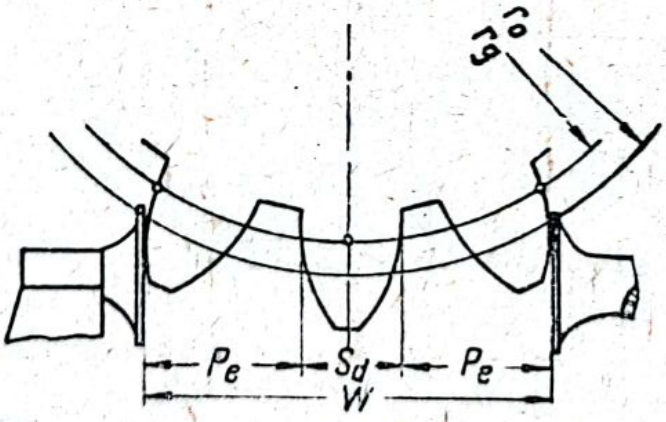


Fig. 134. Schema determinării dimensiunii w pentru trei dinți.

La efectuarea măsurării se caută a se obține contactul între flancurile dinților și suprafețele de măsurare cît mai

Scanned with CamScanner

în apropierea cercului de divizare. Din calculele făcute rezultă că cel mai favorabil număr k de dinți față de numărul total z al dinților roții de verificat este cel indicat mai jos:

z	12—18	19—27	28—36	37—45	46—56	55—63	64—73
k	2	3	4	5	6	7	8

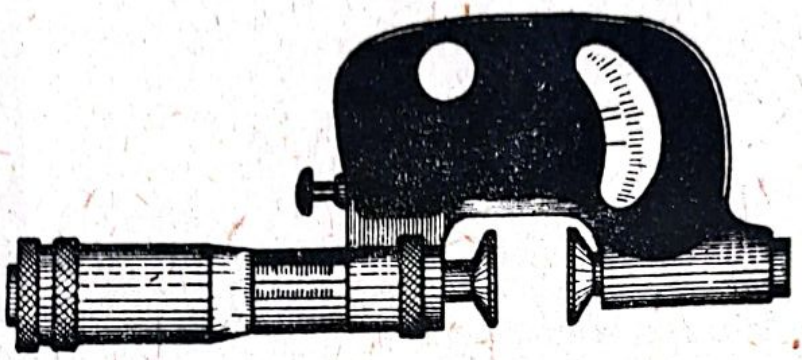


Fig. 135. Micrometrul cu pîrghie pentru roți dințate.

Valorile teoretice ale grosimii dintelui pentru toate valorile W corespunzătoare diferitelor valori z și k se găsesc date în diferite tabele.

Bătaia radială sau excentricitatea se verifică prin măsurarea deplasării maxime a palpatorului unui comparator care se introduce pe rînd în toate golurile dinților roții de verificat. Pentru această operație s-au imaginat și construit multe tipuri de aparate, toate folosind un dorn de centrare pe care se rotește roata de verificat și un suport cu comparator a cărui tijă se poate ridica cu ajutorul unei pîrghii și introduce în golurile dintre dinți.

Verificarea profilului dinților se poate face cu ajutorul șabloanelor, prin comparare cu profilul teoretic, folosind un proiector, sau cu aparate speciale de măsurare (evolventmetre).

Șabloanele pentru verificarea profilului dintelui pot fi cu profil dublu, corespunzător profilului golului (fig. 136, *a*) sau al dintelui (fig. 136, *b*).

Verificarea profilului se face prin suprapunerea șablonului peste flancuri și privind ansamblul la lumină. Dezavantajele acestei metode constau în executarea dificilă a șablonului, și în aceea că erorile nu se pot cunoaște numeric, iar precizia este redusă.

Scanned with CamScanner

O precizie relativ mai mare prezintă *metoda comparării* la *proiector* a profilului de verificat cu profilul teoretic desenat la scara respectivă. Dezavantajul metodei îl constituie în primul rînd posibilitatea aplicării exclusive la roţile cu dinţi drepţi. Erorile acestei metode depind de precizia de execuţie a conturului (profilului) teoretic.

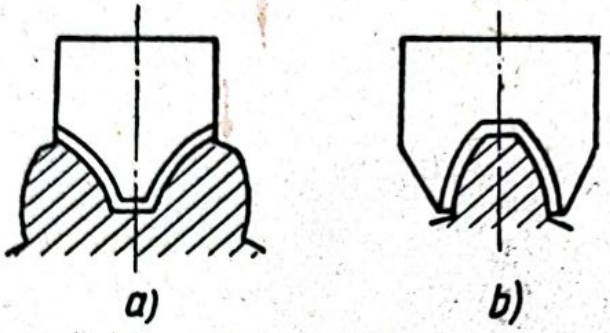


Fig. 136. Şabloane pentru verificarea profilului dinţilor.

Profilul cel mai des întîlnit în construcţia de maşini la roţile dinţate este profilul în evolventă, iar aparatele cu care se verifică aceste profile se numesc evolventmetre.

Principiul care stă la baza construcţiei acestor aparate este modul în care este generat profilul în evolventă şi anume: prin rostogolirea unei drepte pe cercul de bază cu raza R_b (fig. 137, *a*). Roata de controlat *1*, este aşezată coaxial cu discul *2* care reproduce cercul de bază şi de care este fixată rigid. Rigla *3* care se rostogoleşte este legată rigid de un palpator sferic *4*, care se reazemă pe flancul dintelui ce se controlează şi care

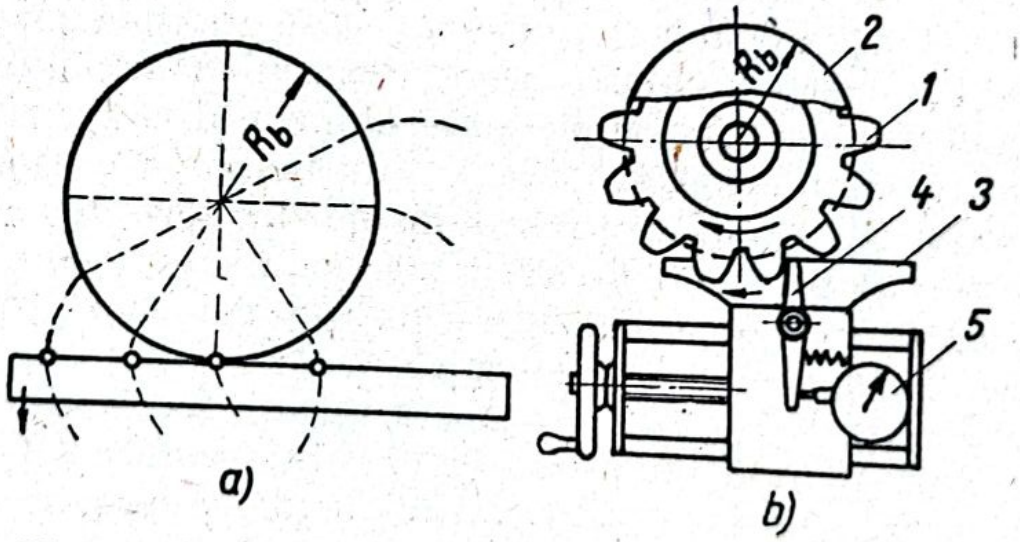


Fig. 137. Măsurarea profilului cu ajutorul evolventmetrului:
a — schema de generare a evolventei; *b* — evolventmetru cu disc.

acţionează asupra unui comparator cu cadran *5* sau a unui mecanism de înregistrare (fig. 137, *b*).

La începerea rostogolirii, ciocul palpatorului se află în prelungirea tangentei duse la disc, pe riglă. În acest caz, dacă se dă riglei o mişcare de translaţie, atunci discul cu

Scanned with CamScanner

care se află în contact se rostogolește, iar palpatorul descrie în acest timp evolventa corespunzătoare discului de rostogolire, respectiv arcului de bază, în timp ce roata de control se rotește.

În cazul în care flancul dintelui controlat coincide cu profilul teoretic nu se va constata nici o variație de indicație la comparator, respectiv nici o abatere de la linia dreaptă în cazul înregistrării. Dezavantajele aparatului constă în faptul că pentru fiecare roată de controlat este necesar un disc special cu diametrul egal cu cel al cercului de bază.

Evolventmetrele universale de tipul cu disc și pîrghie, cu disc și pană sau cu camă și pîrghie, se deosebesc de evolventmetrele cu disc prin aceea că sînt prevăzute cu un singur disc de rostogolire, reglarea pentru diferite diametre ale cercurilor de bază putîndu-se face printr-un sistem de pîrghii.

Evolventmetrele universale sînt aparate stabile și relativ mari. Cu evolventmetrul universal se pot verifica roți dințate cu modul între 0,7 mm și 10 mm și cu diametre pînă la 300 mm.

La evolventmetrele cu disc și pîrghie (fig. 138, *a*) și la cele cu disc și pană (fig. 138, *b*), mișcarea principală de lucru se obține prin rularea riglei *1* pe cercul discului *2* cu raza constantă R_b și cu transmiterea mișcării la rigla *3* prin pîrghia sau rigla sinus *4*. Pe rigla *3* este fixată instalația pentru măsurarea cu vîrful *5* și mecanismul cu indicator *6*.

La evolventmetrele cu camă și pîrghie (fig. 138, *c*), mișcarea principală se obține cu ajutorul unei came în evolventă, al cărui cerc de bază este concentric cu axa roții care se verifică. Prin rotirea axului principal, cama *1* alunecă pe rigla sinus *2*, fixată pe căruciorul inferior *3*, silind-o să se deplaseze realizînd angrenarea roții cu cremalieră. În același timp, căruciorul *3* rotește pîrghia *4* în jurul axei O_1. Tot pe această axă este fixată pîrghia *5*, care se găsește în același plan cu pîrghia *4* și este legată rigid de aceasta. Rotirea pîrghiei *5* provoacă mișcarea de translație a căruciorului superior *6*. Prin rotirea axului principal, vîrful *7*, situat la distanța r_b de linia OO_1, descrie o evolventă teoretică în mișcarea relativă pe roată.

Cu ajutorul evolventmetrului, întrucît acesta permite deplasarea în înălțime a palpatorului, se poate face și veri-

Scanned with CamScanner

ficarea direcției dinților. Linia de contact trebuie să corespundă cu direcția, dintelui, adică pentru dinți drepți, să fie paralelă cu axul roții, iar pentru dinți înclinați, să fie înclinată față de ax cu același unghi, ca și unghiul de înclinare al dintelui. Aceasta asigură contactul uniform și fără joc

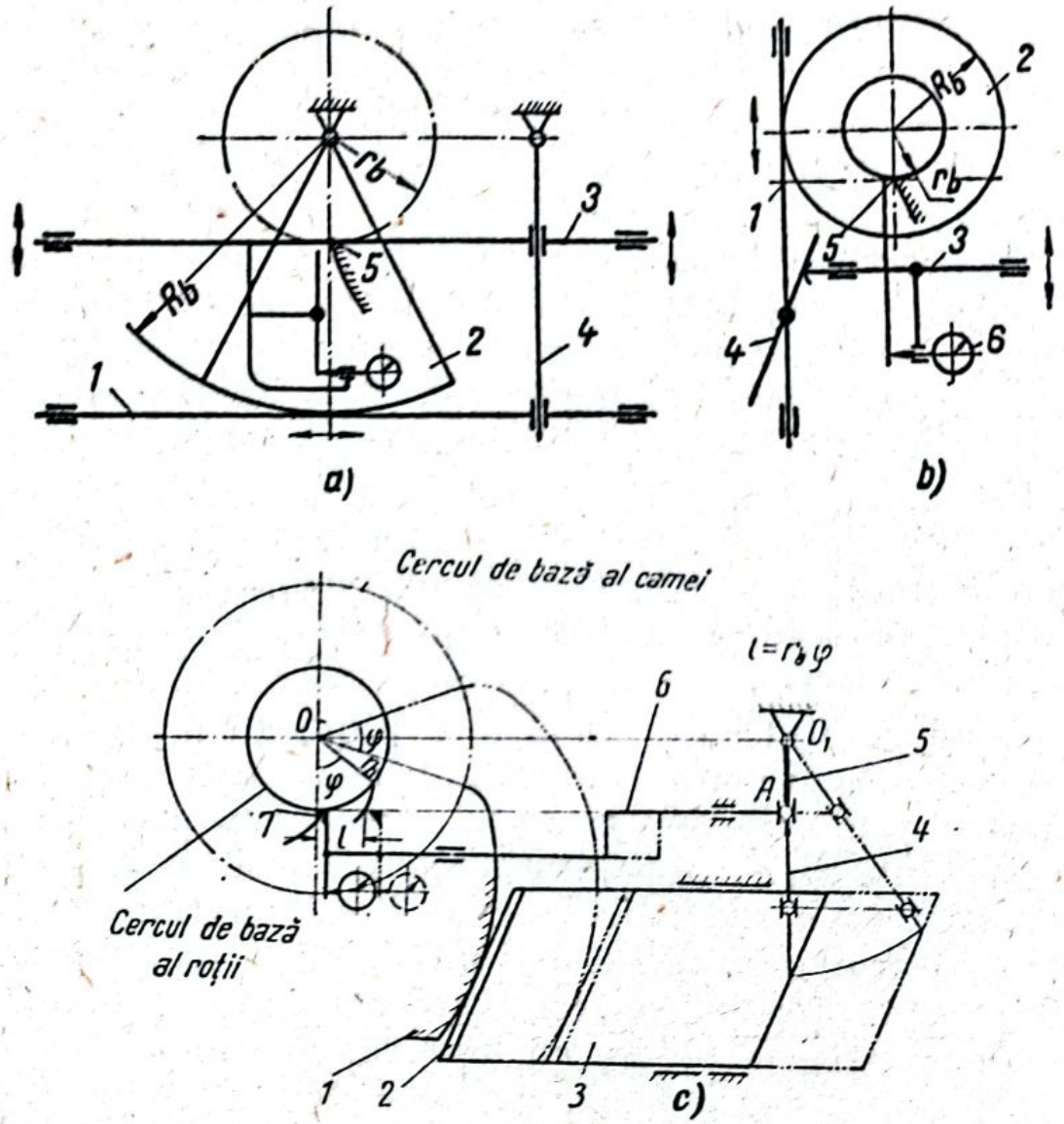


Fig. 138. Schemele de principiu ale evolventmetrelor universale:
a — cu disc și pîrghie; *b* — cu disc și pană; *c* — cu camă și pîrghie.

între dinți. Verificarea se face deplasînd palpatorul comparatorului de-a lungul flancului, fără rotirea roții pentru dinți drepți, sau prin rotirea egală cu unghiul de înclinare, pentru dinți înclinați. În lipsa evolventmetrului, verificarea se poate face pe orice mașină-unealtă sau aparat de verificare care permite prinderea între vîrfuri a dornului de susținere a roții și mișcarea paralel cu axul dornului, a suportului comparatorului.

Scanned with CamScanner

6.2. Instrumente și aparate de verificare și măsurare complexă a roților dințate cilindrice

Pentru asigurarea unei bune funcționări a angrenajelor, măsurarea elementelor roților dințate trebuie să fie completată cu verificarea în angrenare a roților, care constituie o verificare complexă a tuturor elementelor. Angrenarea roții de verificat se face, de preferință, cu o roată-model executată cu deosebită grijă, pentru a prezenta cît mai puține erori, sau în lipsa acesteia, cu perechea cu care ea urmează să funcționeze.

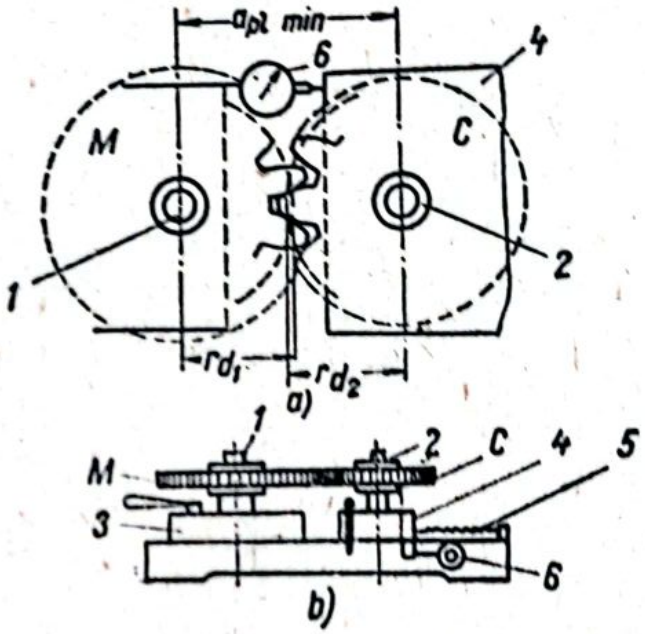


Fig. 139. Schema verificării roților dințate prin metoda angrenării duble: *a* — vedere de sus. *b* — vedere laterală;

Verificarea complexă se face prin metoda angrenării duble sau a angrenării simple.

Angrenarea dublă se face cu un aparat de tipul celui reprezentat schematic în fig. 139, care permite angrenarea fără joc a roții-model *M*, cu roata de controlat *C*, montate pe dornurile *1* și *2*. Dornul *1* este montat pe suportul fix *3*, iar dornul *2* pe cărucior *4*, care, sub acțiunea arcului *5*, se deplasează spre roata-model, asigurînd astfel o angrenare fără joc a celor două roți.

Orice abatere a elementelor roții de controlat de la valorile prescrise dă loc unei abateri a axului *2* de la poziția inițială, abatere care se traduce prin deplasarea acului indicator al comparatorului *6*.

Angrenare simplă se realizează cu ajutorul unui aparat universal cu distanța fixă dintre axe, care înregistrează variația raportului de transmitere al angrenajului format de roata de referință și de roata de verificat, față de abaterile elementelor roții de verificat.

Scanned with CamScanner

6.3. Alte instrumente și aparate de verificare și măsurare a roților dințate cilindrice

În fig. 140 este reprezentat un aparat de verificare a roților dințate cu modul mic, pe ambele profile ale dinților. Principiul măsurării constă în urmărirea deplasării reciproce a cremalierelor *1* și *2*, cu ajutorul comparatorului *3*. Cremaliera *1* care antrenează roata de verificat se sprijină numai pe profilul din dreapta al dinților de verificat, iar

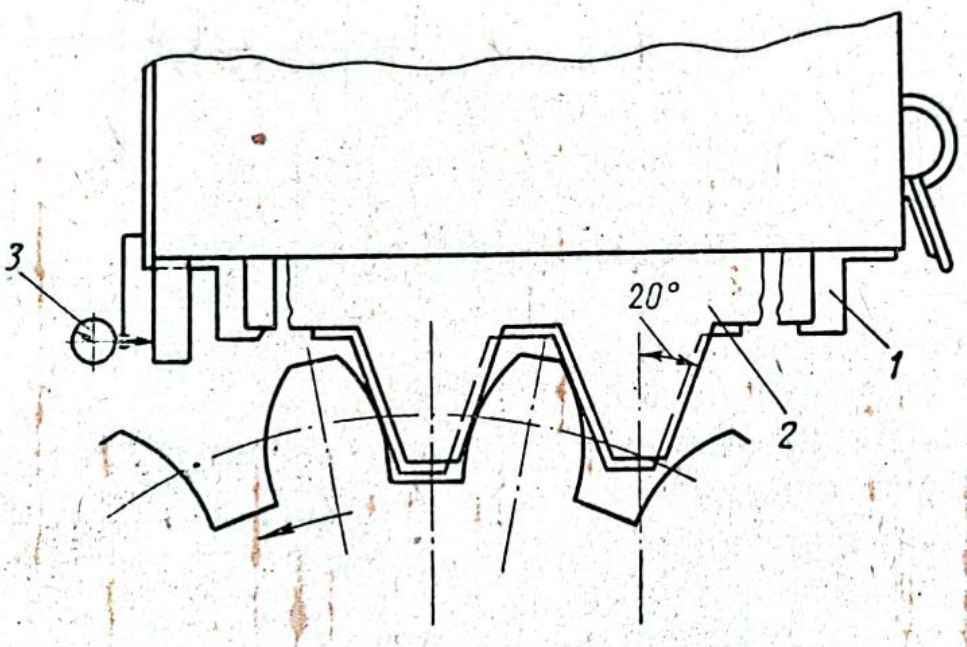


Fig. 140. Schema verificării pe două profile a roților dințate cu modul mic.

cremaliera *2*, antrenată de roată și care servește pentru verificare, menține contactul permanent cu profilul din stînga. Astfel, aparatul indicator *3*, care are suportul pe cremaliera *1* și palpatorul pe cremaliera *2*, va indica în permanență deplasarea lor reciprocă. Aparatul permite și verificarea roților cu dinți înclinați cu module între 0,2 și 1 mm și cu diametrul pînă la 120 mm.

Verificarea complexă a roților cu module și diametre mari, pînă la 1 000 mm, se face cu aparate de tipul celui reprezentat în fig. 141.

Pe batiul aparatului se găsesc: cărucior mobil *1* și cărucior fix *2*. Deplasările căruciorului *1* se transmit mecanismului indicator *3* sau mecanismului de înregistrat *4*. Aparatul este prevăzut și cu un suport pentru verificarea angrenajelor conic și a celor cu șurub melc. Roata-model,

Scanned with CamScanner

sau perechea roții de verificat *5*, se montează pe axul suportului fix *2* și este antrenată de mecanismul de antrenare *7*, care primește mișcarea de la motorul *8*. Neregularitățile angrenajului respectiv prin intermediul șurubului-melc *6*

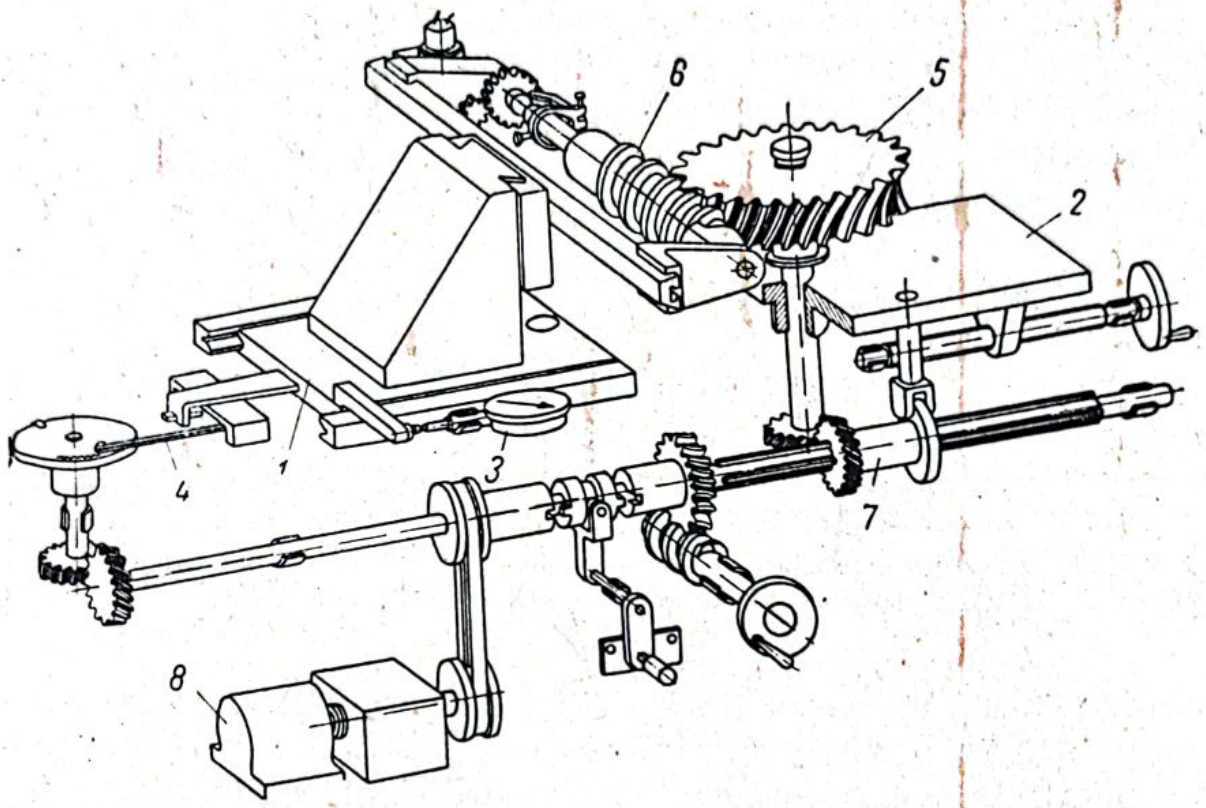


Fig. 141. Aparat pentru verificarea complexă a roților dințate cu diametrul pînă la 1 000 mm.

sau al unei roți dințate-model, se traduc prin mișcări ale suportului mobil *1* și sînt indicate de acul indicator al comparatorului *3* sau de mecanismul înregistrator *4*.

6.4. Instrumente și aparate de verificare și măsurare a roților dințate conice și elicoidale

Întrucît în prezent nu există aparate speciale de verificare a roților dințate conice sau elicoidale, acestea se verifică și se măsoară, pe cît posibil, cu aparate pentru roți dințate cilindrice, adaptate special pentru fiecare tip de roată dințată în parte, cu dispozitive suplimentare.

Precizia de prelucrare a roților dințate conice și elicoidale este de cele mai multe ori asigurată de precizia mașinii de prelucrat dinți și de reglajul acesteia, ca și de scula așchietoare respectivă. Măsurarea unor elemente ale acestor roți se face adesea prin metode de laborator, în scopul verificării mașinii care execută prelucrarea.

Scanned with CamScanner

Măsurarea roţilor dinţate conice se face într-un plan perpendicular pe generatoarea conului.

Pentru verificarea pasului, suportul *1* de fixare a roţii dinţate se înclină cu unghiul γ, egal cu unghiul conului de bază (fig. 142).

Controlul bătăii se efectuează cu ajutorul unui dispozitiv cu palpator sferic sau conic (fig. 143), prevăzut cu un

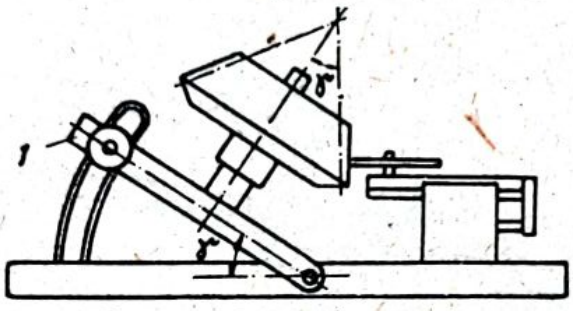


Fig. 142. Schema pentru verificarea pasului roţilor dinţate conice.

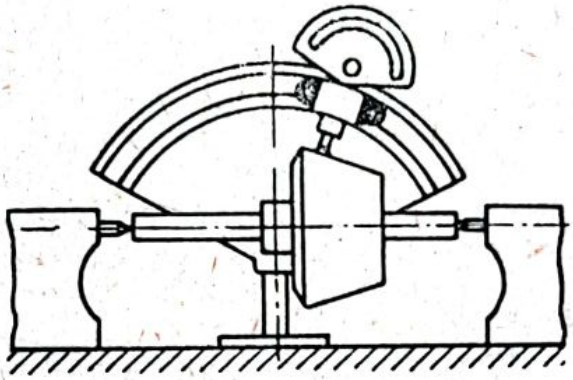


Fig. 143. Schema pentru verificarea bătăii radiale a roţilor dinţate conice.

comparator. Valoarea bătăii roţii dinţate este dată de diferenţa dintre poziţia maximă şi cea minimă a vîrfului palpatorului, în parcurgerea profilului danturii.

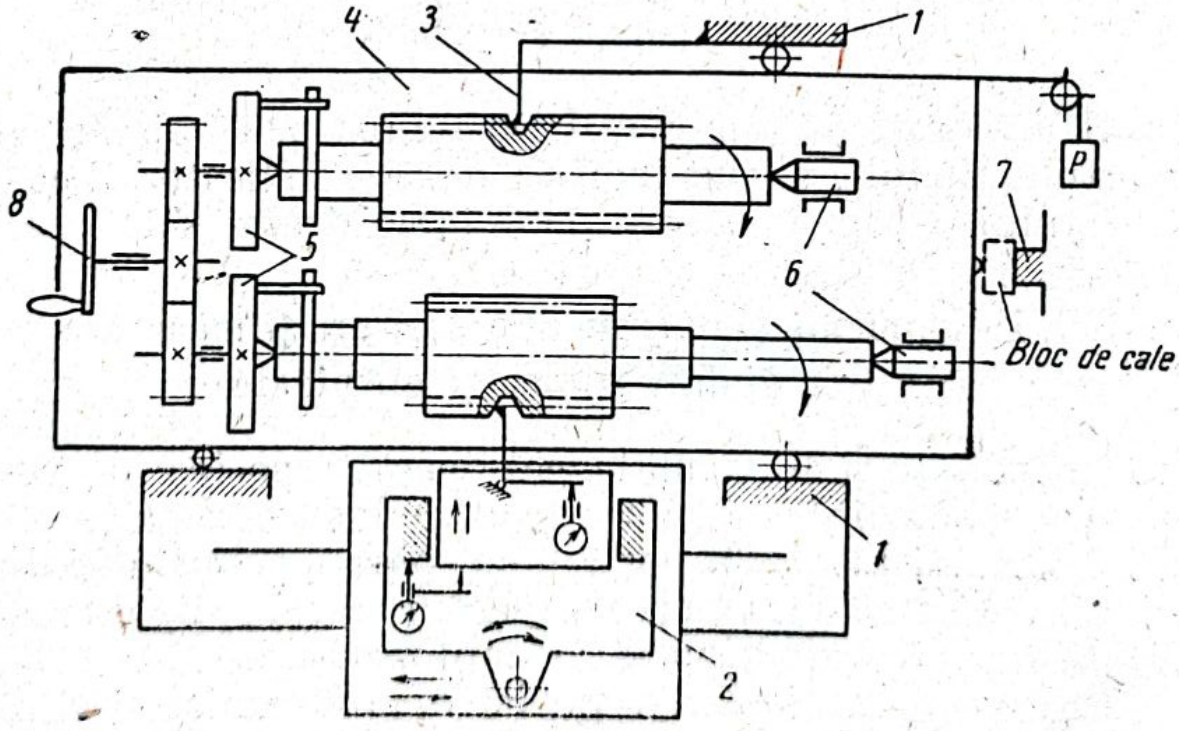


Fig. 144. Schema aparatului pentru verificarea şuruburilor melc şi a frezelor-melc.

În fig. 144 este reprezentat schematic un aparat pentru verificarea şuruburilor-melc prin metoda comparării cu şu-

Scanned with CamScanner

ruburi-model. Pe batiul *1* al aparatului se pot deplasa și fixa în pozițiile dorite instalația pentru măsurare *2*, opritorul *3* și masa de măsurare *4*. Masa de măsurare are o păpușă fixă *5*, cu două capete de prindere, unul pentru piesa de măsurat și al doilea pentru piesa de referință. Fiecărui cap de prindere al păpușii fixe îi corespunde o păpușă mobilă *6*. Cele două capete de prindere sînt rotite, simultan, cu ajutorul manivelei *8*, prin intermediul unui angrenaj. Pentru efectuarea măsurării, opritorul *3* se introduce în golul șurubului-model, iar palpatorul săniei de măsurare *2*, în golul corespunzător al piesei de verificat. Se învîrtește apoi manivela *8*, care pune în mișcare ambele șuruburi. Abaterile palpatorului *2* se transmit la aparatele indicatoare.

Același aparat servește și la verificarea pasului axial al șuruburilor melc, prin deplasarea mesei cu o distanță egală cu un multiplu de pas. Deplasarea se obține prin interpunerea blocului necesar de cale între masa aparatului și opritorul *7*.

VII. Instrumente și aparate de măsurare a calității suprafețelor

Calitatea unei piese prelucrate, precum și comportarea ei în exploatare depind de un complex de valori ale caracteristicilor geometrice, fizice, mecanice etc. ale piesei.

Rugozitatea suprafeței prelucrate, care reprezintă ansamblul neregularităților cu înălțime și pas mic, de ordinul micronilor, rămase pe suprafața piesei ca urmare a procesului de prelucrare, constituie unul din cei mai importanți factori pentru determinarea duratei de funcționare a mașinilor și pentru comportarea lor în exploatare.

Experimental, ca urmare a numeroaselor experiențe efectuate, s-a stabilit că piesele de mașini cu suprafețe prelucrate grosolan, se uzează mai repede prin frecare, cedează mai repede la oboseală și sînt mai ușor atacate de agenții corozivi, decît cele cu suprafețe netezite prin rectificare, lepuire sau prin alte metode de finisare a suprafețelor.

S-a încercat să se exprime rugozitatea suprafeței prelucrate prin cifre, care să indice precis calitatea ei, independent de factorii care concură la realizarea acestei cali-

Scanned with CamScanner

tăți. Pînă în prezent, problema n-a fost rezolvată complet, deoarece neregularitățile suprafețelor prelucrate depind de o serie de factori, cum sînt: natura materialului de prelucrat, metodele de prelucrare, condițiile de lucru și mulți alți factori care se pot determina sau nu și care nu pot fi exprimați printr-o cifră unică.

În consecință s-au căutat criterii pentru exprimarea în mod satisfăcător și acoperitor a calității suprafeței,

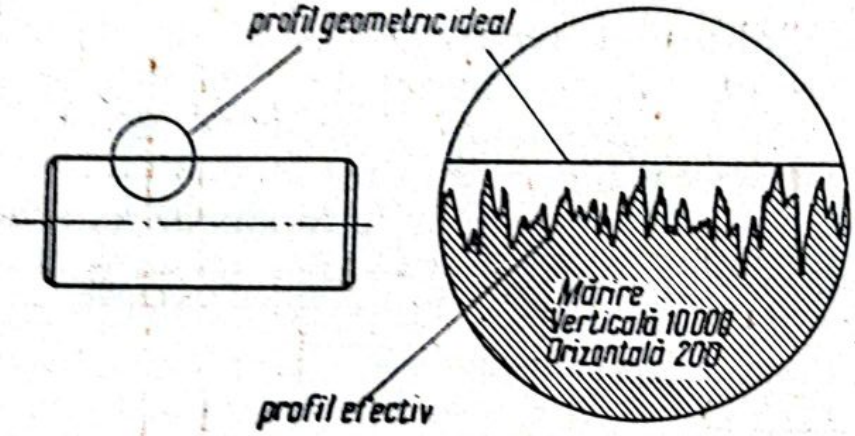


Fig. 145. Profilul unei suprafețe prelucrate.

întocmindu-se recomandări și norme oficiale (STAS 5730-57). Rugozitatea suprafețelor stabilește criteriile pentru aprecierea calității suprafeței, legate de profilul neregularităților. Un profil se obține prin secționarea unei suprafețe cu

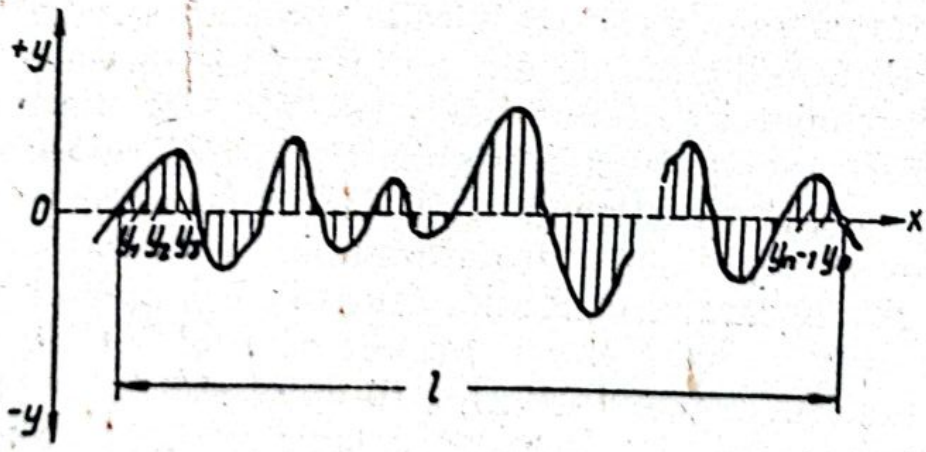


Fig. 146. Elementele profilului efectiv. Criteriul Ra.

un plan. Profilul care se ia în considerare, ca fiind cel mai dezavantajos, este acela obținut prin intersecția cu planul normal suprafeței, perpendicular pe direcția urmelor de prelucrare. Față de profilul geometric ideal (fig. 145), care nu prezintă nici o neregularitate, profilul real, după prelucrare, prezintă totdeauna neregularități. Ca la orice mă-

Scanned with CamScanner

surare însă, acest profil real nu poate fi reprodus de aparate decît cu o oarecare aproximaţie. Profilul determinat cu ajutorul aparatelor de măsurare este numit profil efectiv. Linia mijlocie a profilului efectiv s-a luat ca linie de referinţă. Sistemul respectiv a căpătat denumirea de sistem M.

În sistemul M sînt două criterii de măsurare a rugozităţii, criteriile R_a şi R_z. După criteriul R_a se determină media aritmetică a valorilor absolute (luate fără semn) ale

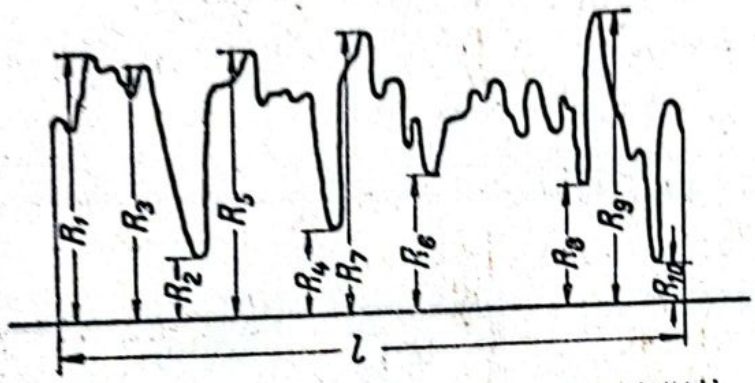


Fig. 147. Înălţimea medie a rugozităţii. Criteriul Rz.

distanţelor: y_1, y_2,..., y_n ale profilului efectiv faţă de linia mijlocie de referinţă (fig. 146).

După criteriul R_z se determină distanţa medie a celor mai înalte cinci puncte de vîrf (R_1, R_3, R_5, R_7 şi R_9) faţă de cele mai joase cinci puncte de fund (R_2, R_4, R_6, R_8 şi R_{10}) ale profilului efectiv (fig. 147). Distanţele se măsoară de la o linie paralelă cu linia medie.

Clasificarea mijloacelor de măsurare a rugozităţii suprafeţelor prelucrate este următoarea: etaloane, aparate optice, aparate cu palpare etc.

7.1. Etaloane pentru verificarea rugozităţii

Tendinţa de standardizare şi de unificare a criteriilor de apreciere a calităţii suprafeţelor a făcut să apară serii normale de etaloane, ordonate după valorile crescătoare ale rugozităţii, conform criteriilor R_a sau R_z. În condiţiile de producţie se foloseşte pe scară largă compararea directă, vizuală sau prin pipăit, a suprafeţii controlate cu nişte etaloane de netezime (fig. 148).

Aceste etaloane formează truse complete sau sînt fixate pe tablouri prevăzute cu plăcuţe indicatoare pentru procesul tehnologic, valoarea rugozităţii, semnele de prelucrare.

Scanned with CamScanner

Aprecierea calității suprafeței după acest procedeu se face așezîndu-se piesa prelucrată între două etaloane succesive.

Se folosesc din ce în ce mai mult, în ultima vreme, etaloane reproduse pe cale galvanică, după etaloanele originale care se păstrează ca modele. O serie completă de etalonare

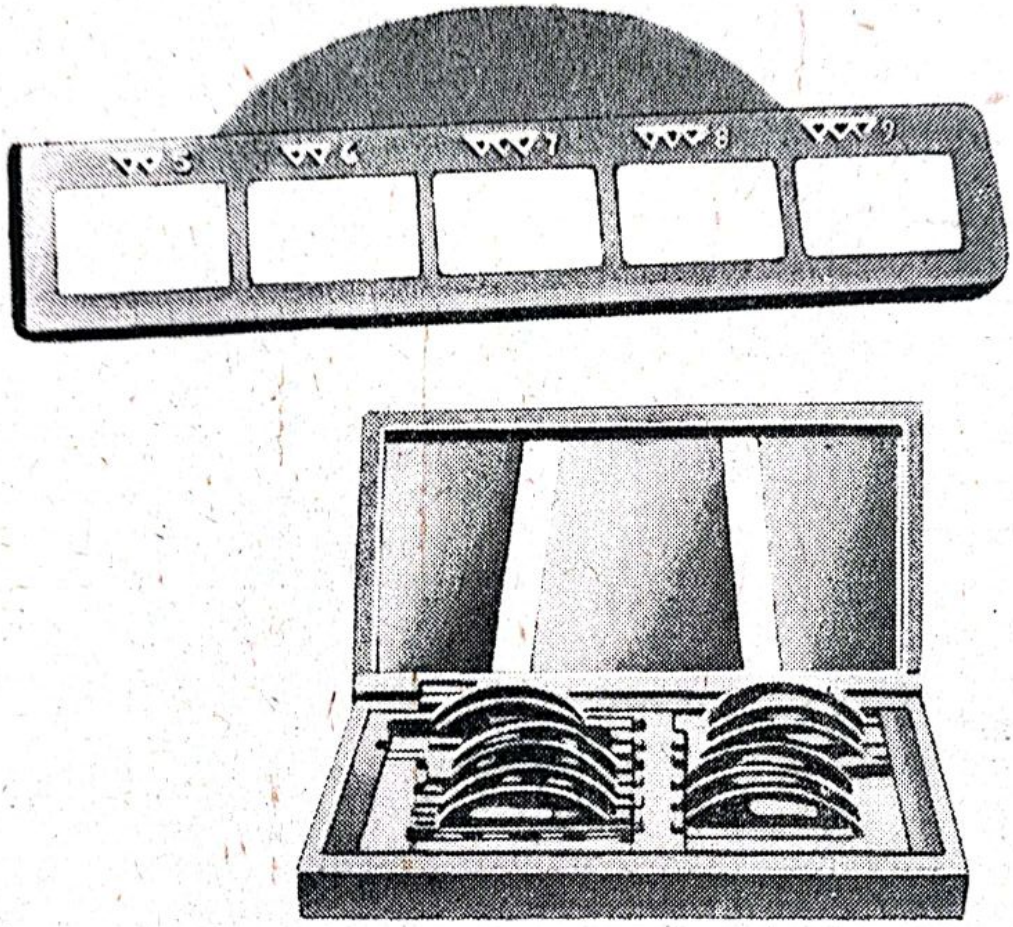


Fig. 148. Etaloane pentru verificarea rugozității suprafețelor.

după criteriul R_z cuprinde cinci etaloane, cu valorile aproximative pentru R_z 2; 3; 5; 8 și 12 μ. Reproducerile galvanice verificate cu aparate de palpare se înscriu în abateri de ordinul $\pm$ 3%. În U.R.S.S. s-au experimentat etaloanele de oțel inoxidabil cu 12—14% crom.

7.2. Aparate optice pentru măsurarea rugozității

Aprecierea cu ochiul liber a corespondenței suprafeței de verificat cu acea a etalonului nu este satisfăcătoare, mai ales la suprafețele cu neregularități mici. O apreciere mai precisă se face utilizînd un microscop comparator. Acest aparat permite observarea simultană, prin același

Scanned with CamScanner

ocular, a suprafeței de verificat și a suprafeței etalonului, care apar ca două jumătăți alăturate ale cîmpului ocularului.

Măsurarea rugozității se poate face cu ajutorul microscopului obișnuit, prevăzut cu tambur divizat pentru măsurarea deplasării în înălțime a ocularului. Măsurarea se execută punînd întîi la punct ocularul pe vîrfurile rugozităților și apoi pe fundurile lor. Se face diferența celor două citiri și se caută în tabelă valoarea rugozității maxime R_{max}. Tabela este calculată ținîndu-se seamă că deplasarea ocularului este proporțională cu înălțimea rugozității și cu pătrarul măririi obiectivului microscopului.

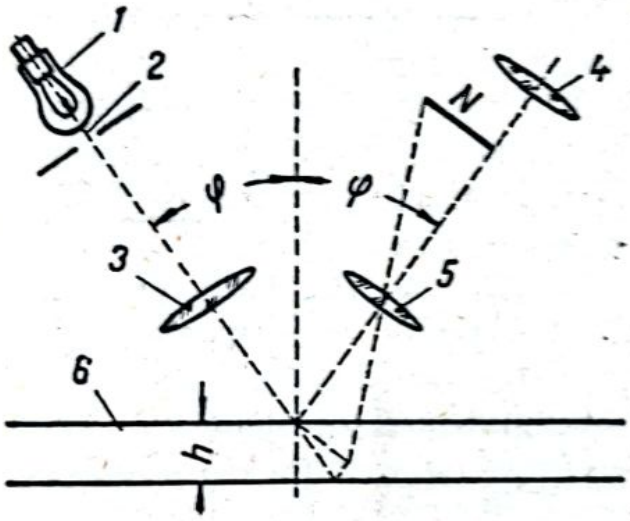


Fig. 149. Schema optică a microscopului dublu Linnik.

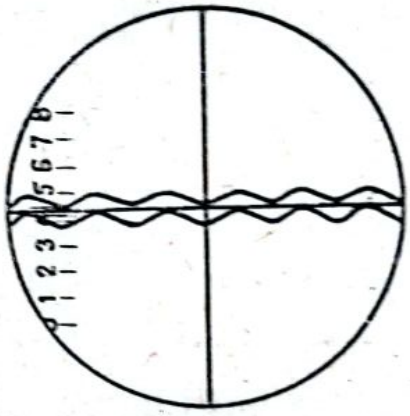


Fig. 150. Cîmpul vizual al microscopului dublu Linnik.

Microscopul dublu Linnik (fig. 149) are la bază principiul secțiunii luminoase. De la sursa de lumină *1*, razele trec prin filtrul de lumină și luminează fanta îngustă *2*, amplasată în planul focal al unei lentile acromatică (pe schemă nu se vede). Astfel, razele care trec prin fantă ies din lentila acromatică sub forma unui fascicul paralel și converg în planul focal al obiectivului *3*. Dacă înălțimea asperităților pe suprafață se notează cu h, iar mărimea obiectivului cu β, atunci imaginea fantei va fi deplasată în cîmpul vizual cu o valoare $H = 2h\beta \sin \varphi$, în care φ este unghiul de înclinare al microscopului și calimatorului față de verticală.

Prin intermediul celui de al doilea obiectiv *5* al microscopului, imaginea fantei se proiectează pe rețeaua unui ocular de citire (fig. 150). Măsurarea se face făcînd să coincidă firul reticular, deplasabil, întîi cu fundul neregularităților

Scanned with CamScanner

și apoi cu vîrfurile lor, și apoi aflînd diferența celor două citiri.

Interferometrele sînt aparate pentru măsurarea rugozității, care se bazează pe interferența a două raze luminoase venite de la aceeași sursă de lumină, una reflectată pe suprafața de verificat, cealaltă reflectată pe suprafața de referință. Schema unui astfel de aparat este reprezentată în fig. 151. Fasciculul de lumină de la sursa *1* trece prin diafragma *2* și cade pe prisma dublă *3* cu diagonală semioglindă, unde se împarte în două. Unul din fascicule ajunge pe oglinda *6*, pe care se reflectă, și ajunge pe prisma *3*. Diagonala prismei îndreaptă acest fascicul prin obiectivul *4*, în ocularul *5*.

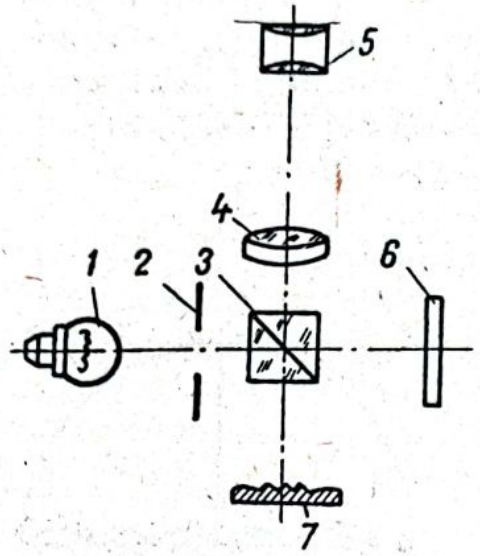


Fig. 151. Schema microinterferometrului pentru măsurarea rugozității.

Al doilea fascicul este îndreptat de către diagonala prismei *3* pe suprafața cercetată *7* și reflectîndu-se pe aceasta, trece din nou prin prisma *3*, obiectivul *4* și ocularul *5*, unde interferează cu primul fascicul de raze.

Benzile de interferență pot fi fotografiate cu ajutorul unui aparat fotografic, așezat pe un stativ separat. Metoda se aplică în special pentru suprafețe cu neregularități foarte fine, de aceea acest aparat poartă numele de microinterferometru.

7.3. Aparate de măsurare a calității suprafețelor prin palpare

Una din cele mai răspîndite metode de măsurare a calității suprafețelor este *metoda palpării*, adică a urmăririi microneregularităților cu ajutorul unui palpator care transmite sau înregistrează forma profilului. Aparatele care indică abaterile de la profilul ideal se numesc *profilometre*, cele care înregistrează forma profilului palpat se numesc *profilografe*.

Profilometrul Kiselev (fig. 152) permite determinarea abaterii medii pătratice, de la profilul ideal criteriu mai puțin

Scanned with CamScanner

utilizat în prezent. Palpatorul *1* cu vîrf de diamant, cu o rază de curbură de 12 μ, este suspendat de arcurile lamelare *7* și purtat de-a lungul suprafeței *2*, urmărind profilul de măsurat. O bobină de inducție, *3*, este legată de capătul superior al palpatorului și se mișcă o dată cu el între cei doi poli, *5* și *6*, ai magnetului *4*. La deplasarea palpatorului în sus și în jos și în mișcarea de urmărire a profilului, în bobina *3* iau naștere curenți de inducție, care sînt amplificați și transmiși unui galvanometru. Deplasările acului indicator al galvanometrului sînt cu atît mai mari, cu cît rugozitatea este mai pronunțată.

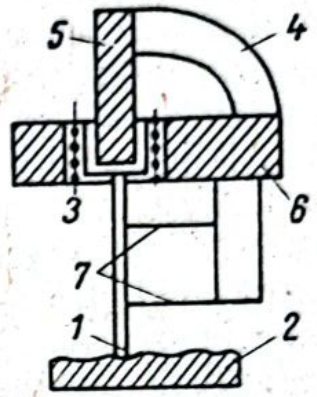


Fig. 152. Schema profilometrului Kiselev.

Profilometrul tip PC-2 (fig. 153) se deosebește de profilometrul Kiselev prin partea electromagnetică (traductorul), a cărei construcție îmbunătățită se compune din magnetul *1* fixat pe corpul *2*, în a cărei deschidere inelară se poate deplasa bobina de inducție *4*, montată la capătul superior al tijei palpatoare *6*, cu vîrful de diamant *7*. Tija *6* este suspendată pe o pereche de arcuri paralele plane *8*, formînd astfel un echipament foarte sensibil, care, la deplasarea stînga-dreapta a traductorului, urmărește fidel profilul de măsurat al piesei *9*, făcînd în același timp să se nască curenți de in-

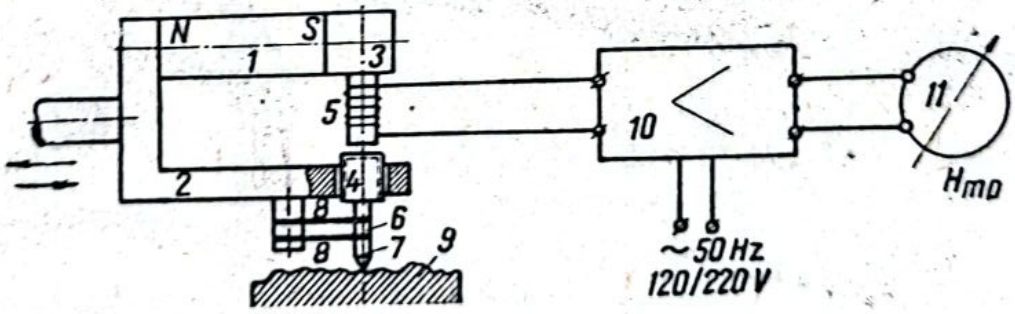


Fig. 153. Schema profilometrului tip PC-2.

ducție în bobina *4*. Pe armătura *3* a magnetului este înfășurată bobina *5* care are un număr foarte mare de spire. Curenții din bobina *4* generează la rîndul lor în bobina *5* forțe electromotoare proporționale cu viteza de deplasare a acului palpator. Aceste semnale electrice de tensiune se transmit amplificatorului *10*, element electronic capabil să amplifice și să integreze semnalul a cărui valoare se măsoară

Scanned with CamScanner

cu aparatul electric *11*, gradat direct în microni, corespunzător mediei pătratice a rugozității.

Traductorul acestui aparat este de construcție foarte simplă, ușor de demontat și de manevrat, avînd caracteristici electromecanice foarte favorabile.

Domeniul de măsurare este foarte larg, în special pentru suprafețele metalice tratate la duritatea peste 20 HRC, eroarea admisibilă fiind sub 25%, cifră socotită satisfăcătoare pentru acest fel de aparate.

Din gama foarte mare de profilografe existente astăzi se recomandă pentru lucrări de atelier *profilograful tip IZP-17*, reprezentat în fig. 154. Principiul aparatului este următorul: acul palpator *10*, fixat în suportul *9*, care este montat pe corpul aparatului cu ajutorul lamelor elastice *11*, transmite oscilațiile sale, provocate de microneregularitățile suprafeței palpate, oglinzii *7*, fixată de asemenea la corp cu lamele flexibile *11*. Fasciculul luminos emis de sursa de lumină *1* este dirijat, prin teleobiectivul *6*, pe oglinda mobilă *7* și cea fixă *8* de la care se reîntoarce prin tele-

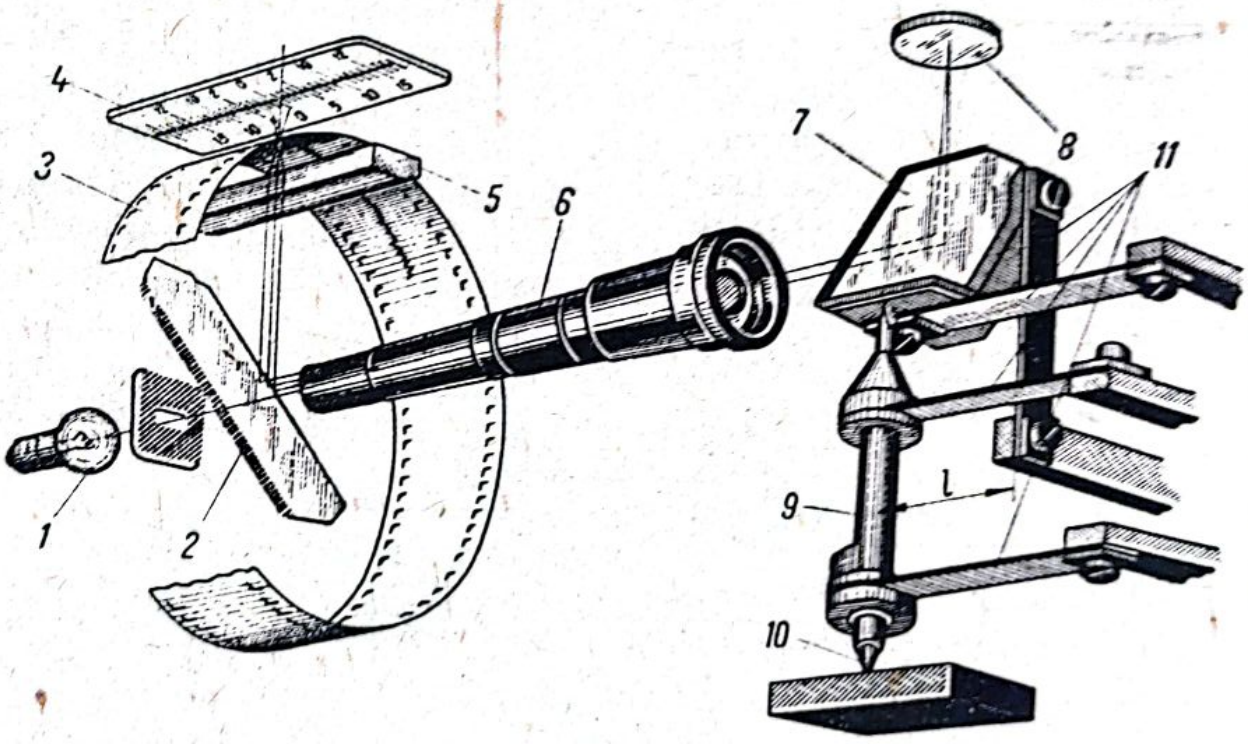


Fig. 154. Schema profilografului tip IZP-17.

obiectiv și este reflectat de oglinda *2* către lentila cilindrică convergentă. De aici este prins pe scara gradată *4*, cînd aparatul funcționează ca profilometru, sau pe pelicula fotografică *3* cînd aparatul funcționează ca profilograf.

Scanned with CamScanner

7.4. Alte metode și aparate de măsurare a calității suprafețelor

În scopul extinderii posibilităților de măsurare ale interferometrului descris anterior, în special a suprafețelor mate se face uz de un dispozitiv special care se compune din: un cap de palpare, un traductor și un element de antrenare cu motor electric. Capul de palpare (fig. 155) se atașează la masa micrometrică a aparatului și poate fi utilizat pentru înregistrări de profile cu lungimea pînă la 3 mm. Palpatorul *1* de diamant, de agat sau de oțel, se asamblează cu ajutorul lamelor elastice *2* și al punții *5* la partea fixă a mesei micrometrice. Suportul *6* asamblat cu partea mobilă a mesei servește pentru așezarea piesei de cercetat *7*. Interferența formată de razele transmise prin microscop, pe oglinda *3* solidară cu palpatorul, se înregistrează pe placa fotografică *13*, a cărei cursă este de 100 mm pentru a permite folosirea de plăci standard de mărimea 24×110 mm. După caracterul neregularităților, raportul de transmitere masă-placă poate fi stabilit la 1/80; 1/50; 1/20 cu ajutorul transmisiei cu roțile *8* și *9* cu diametre diferite. Axul roții *8* servește la deplasarea mesei, iar cel al roții *9*, la deplasarea casetei fotografice. Mișcarea de rotație se obține cu ajutorul motorului sincron *14*. Figura de interferență care se formează pe placă este limitată de fanta *10* cu lățimea de 1,5 mm și de lentila cilindrică *11* care proiectează imaginea sistemului optic la ieșirea microscopului.

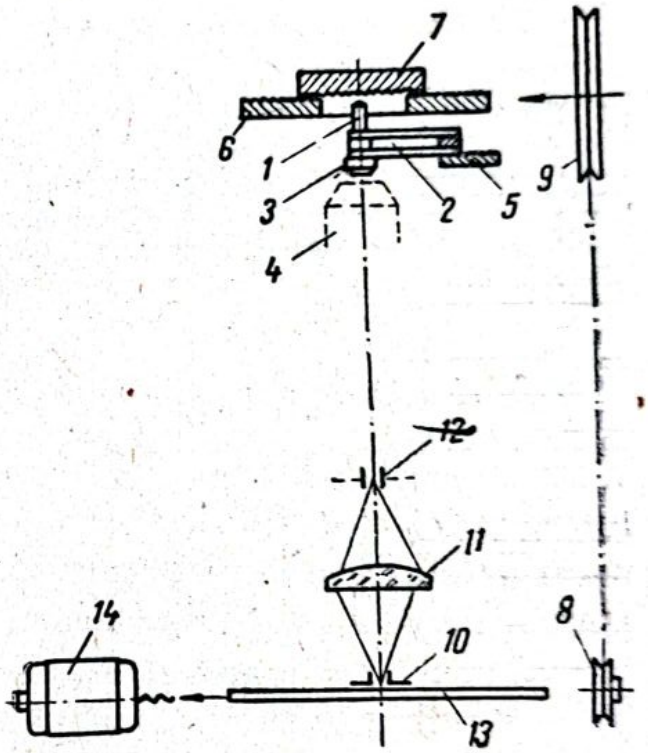


Fig. 155. Dispozitiv de palpare pentru interferometru.

Profilograful pneumatic (fig. 156) este un aparat ale cărui rezultate la controlul calității suprafețelor sînt excepționale. Acest aparat, este un micrometru pneumatic înre-

Scanned with CamScanner

gistrator, căruia i s-a adăugat partea necesară efectuării măsurării rugozității. Principiul de funcționare este următorul: pe piesa de verificat *1* se suflă un jet de aer prin orificiul *3* și capul de măsurat *2*. Variația jocului *j* are ca ur-

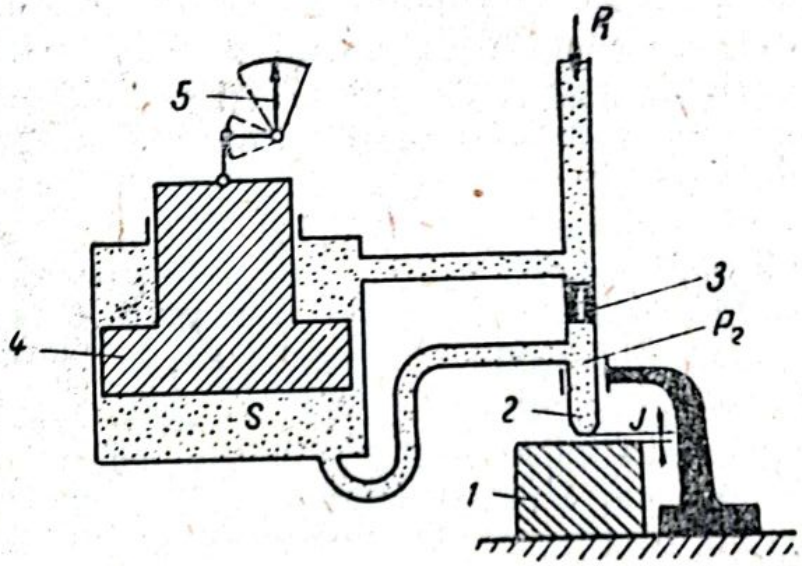


Fig. 156. Principiul profilografului pneumatic înregistrator.

mare variația presiunii P_2, în consecință variația jocului are ca urmare mișcarea pistonului *4*, astfel încît acul indicator *5* trasează curba profilului rugozității.

Un alt tip de aparat este *difuzorul* care indică valoarea globală a rugozității, prin măsurarea fluxului de lumină reflectat pe suprafețe de verificat. Cu cît suprafața este mai grosolan prelucrată cu atît fluxul reflectat este mai mic.

VIII. Instrumente și aparate de control al abaterilor de la forma geometrică

Abaterile principale de la forma cilindrică perfectă sînt: în secțiune transversală — ovalitatea și poligonalitatea; în secțiune longitudinală — abaterea de la rectilinitate a generatoarelor (convexitate sau forma de butoiaș, concavitate sau forma de mosor și încovoierea axei), neparalelismul generatoarelor sau conicitate.

Scanned with CamScanner

8.1. Instrumente și aparate de control al ovalității și poligonalității

Se consideră abatere de la ovalitate sau de la poligonalitate diferența dintre diametrul maxim și cel minim al piesei în aceeași secțiune a arborilor sau a alezajelor. În cazul cînd nu se prescrie alte metode de control, acesta se face cu calibre „trece" și „nu trece"; partea „trece" trebuie să fie profilul contra piesei, iar partea, „nu trece" să aibă un contact incomplet cu porțiunea de suprafață controlată.

Obișnuit ovalitatea se determină prin măsurarea diametrelor în două direcții, la 90°. Valoarea totală a ovalității se determină prin rotirea piesei sub palpatorul unui aparat comparator. Înainte de începerea măsurării, operatorul trebuie să se încredințeze că piesa nu este încovoiată, pentru a nu influența rezultatul măsurării.

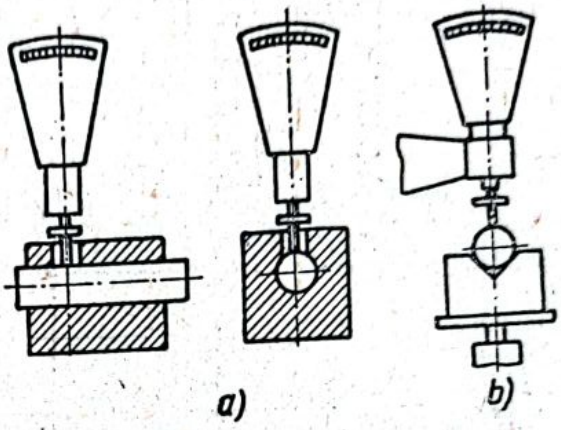


Fig. 157. Schema controlului poligonalității.

Poligonalitatea se determină prin așezarea piesei într-un inel (fig. 157, *a*) al cărui diametru trebuie să fie suficient de apropiat de diametrul piesei ce se controlează, sau pe o prismă (fig. 157, *b*). La controlul pe prismă, rezultatul măsurării depinde de unghiul prismei și de numărul de fețe al poligonului piesei. Pentru poligonalitatea cu trei fețe se recomandă prisma cu unghi de 60°. Valoarea căutată a poligonalității se află prin împărțirea cu trei a rezultatului măsurării efectuate. Pentru a se putea măsura atît poligonalitatea cu trei cît și cu cinci fețe se preferă prisma cu unghi de 90°. Pentru ambele cazuri, valoarea poligonalității se află prin împărțirea cu doi a rezultatului măsurării.

8.2. Instrumente și aparate de control al conicității convexității, concavității și încovoierii axei

În afară de verificarea cu mijloace universale a conicității prin măsurarea diametrelor în două secțiuni alese la distanță convenabilă se utilizează pentru această operație

Scanned with CamScanner

dispozitive speciale ca cel reprezentat în fig. 158. Acesta este un dispozitiv cu traductor, cu contact electric și cu semnalizare luminoasă pentru verificarea directă a conicității. Pîrghia *1*, mobilă în jurul axului *2*, reglată în înălțime corespunzător piesei de verificat, se rotește cînd piesa de verificat este conică, determinînd rotirea pîrghiei *3*. Dacă piesa iese în afara toleranței limită prescrise pentru conicitate, atunci se închide unul din cele două contacte, *4*, și lampa semnalizatoare de pe panou se aprinde, indicînd „rebut".

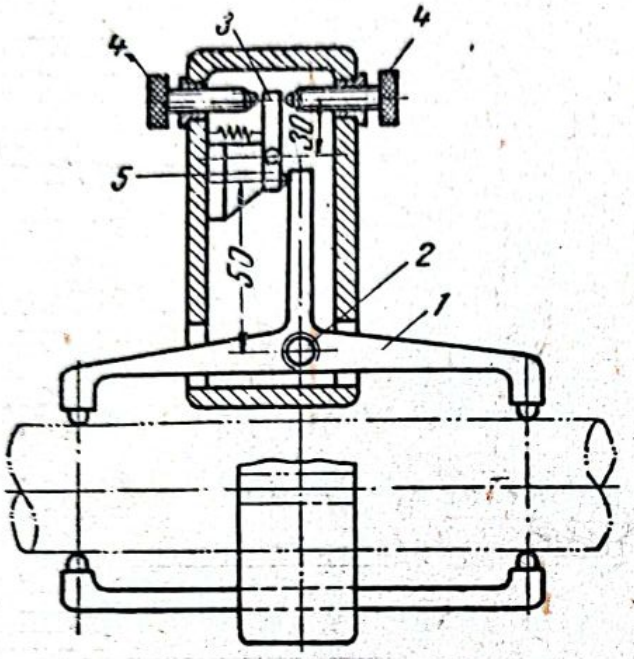


Fig. 158. Dispozitiv cu traductor pentru controlul conicității.

Verificarea *convexității* sau a *concavității* pieselor cilindrice, cu mijloace universale, se face prin măsurarea diametrelor în trei secțiuni diferite. Convexitatea sau concavitatea se determină ca diferența maximă dintre diametrul secțiunii mijlocii și a mediei aritmetice a diametrelor secțiunilor marginale.

Verificarea încovoierii axiale a pieselor se face măsurîndu-se săgeata maximă a generatoarei piesei (fig. 159), rotindu-se sub palpatorul comparatorului, după ce s-a determinat poziția de maximum în direcția longitudinală.

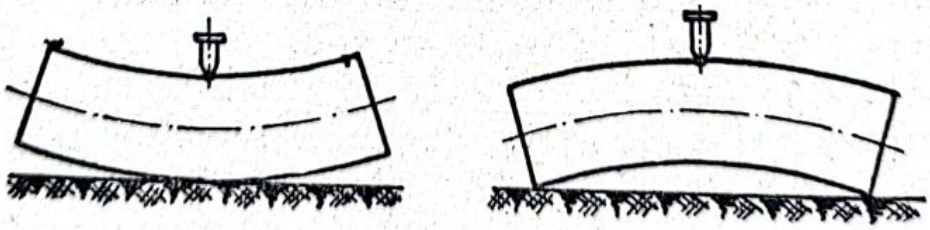


Fig. 159. Schema controlului încovoierii axei.

Arborii mici, și totuși suficient de lungi, se verifică cu ajutorul dispozitivului cu comparator, reprezentat în fig. 160. Piesa de controlat se așază pe două suporturi prismatice, *1*, deplasabile în lungul plăcii de bază și putîndu-se fixa cu ajutorul șuruburilor *2* și al piulițelor *3*. În acest caz, rotația piesei sub palpatorul comparatorului indică o depla-

Scanned with CamScanner

sare radială care, împărțită la *2*, determină încovoierea. Dacă se mai întrebuințează și pîrghia *4* cu raportul brațelor 2:1, deplasarea totală transmisă comparatorului *5*

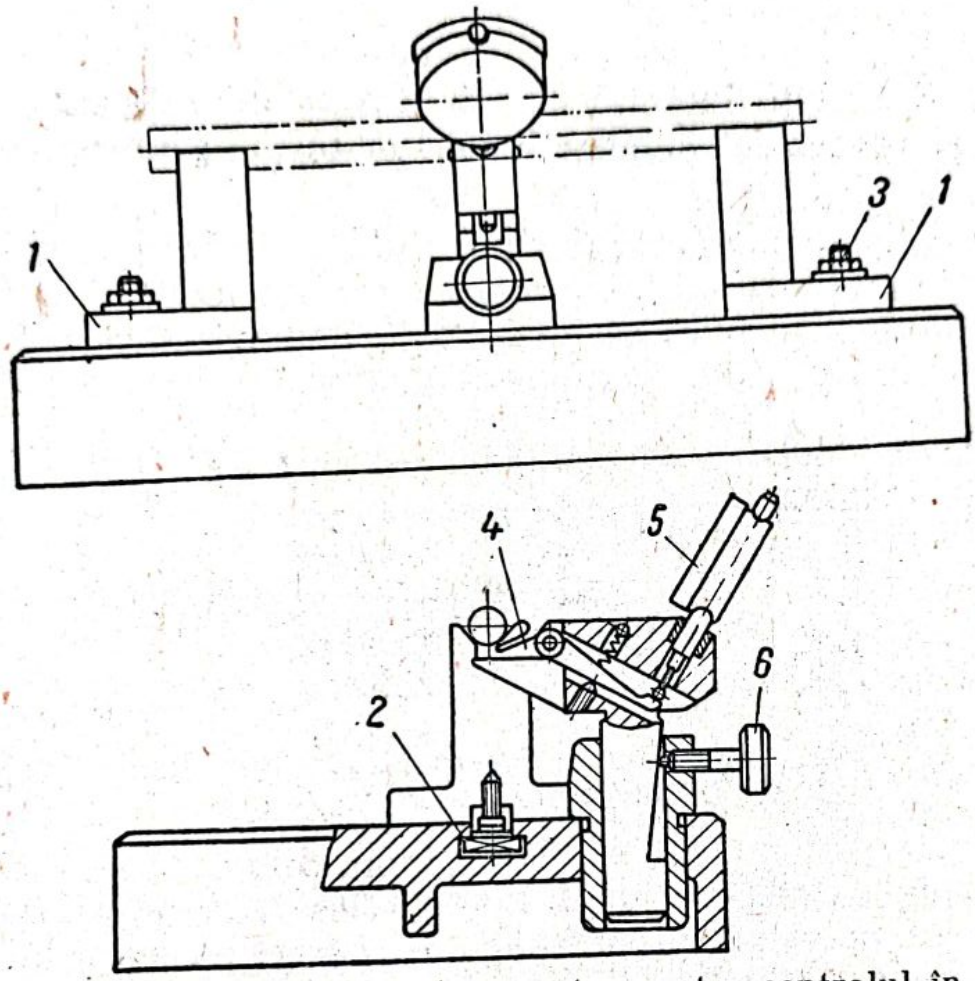


Fig. 160. Dispozitiv cu comparator pentru controlul încovoierii axei pieselor cilindrice lungi.

trebuie împărțită la *4*, pentru a afla valoarea încovoierii. Înălțimea necesară a suportului în corespondență cu piesa de controlat se stabilește prin strîngerea șurubului de fixare *6*.

Pentru controlul încovoierii axei se poate folosi dispozitivul reprezentat în fig. 161, care se compune dintr-o măsuță specială, *1*, care se poate așeza într-un montaj baionetă pe tubul *2* al unui optimetru, astfel încît palpatorul optimetrului să iasă în afara mesei prin orificiul central. Aparatul se reglează cu ajutorul calelor plan-paralele și valoarea încovoierii piesei se citește ca deplasare maximă

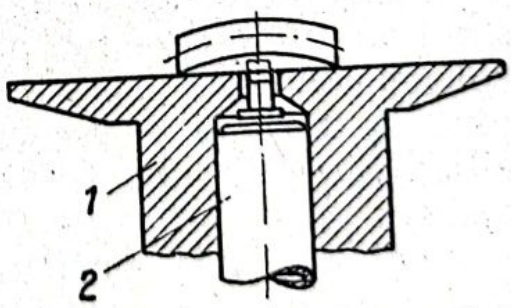


Fig. 161. Schema de control a încovoierii axei cu dispozitiv aplicabil la optimetru.

Scanned with CamScanner

a indicatorului aparatului la rotirea completă a piesei. Dispozitivul se folosește și pentru măsurarea concavității arborilor sau suprafețelor plane.

8.3. Alte instrumente și aparate de măsurare și control ale abaterilor de la forma geometrică

Pentru măsurarea și controlul încovoierii axei alezajelor, în afară de calibre-tampon cu lungimea egală cu aceea a alezajului, se folosesc tampoane pneumatice ca cel reprezentat în fig. 162. Tamponul pneumatic este un calibru

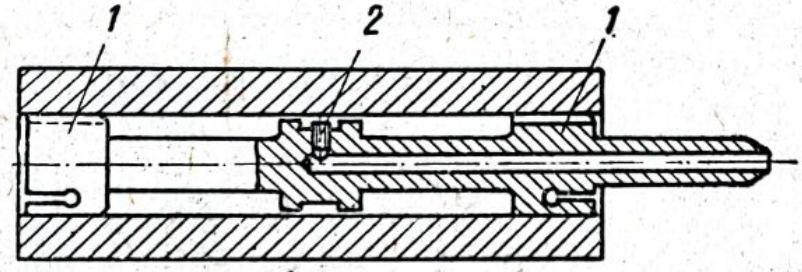


Fig. 162. Tampon pneumatic pentru controlul încovoierii axei la alezaje.

prevăzut la capete cu două bucșe arcuite, *1*, care îi asigură centrarea în piesa de controlat. În partea sa centrală, tamponul are două inele calibrate, între care se găsește amplasat ajutajul *2* prin care aerul comprimat este adus între tampon și pereții alezajului. Pentru efectuarea măsurării se rotește tamponul cu 360° și la aparatul indicator se citesc indicațiile maxime și minime. Valoarea încovoierii este egală cu jumătatea diferenței dintre aceste două indicații. Indicatorul nu diferă de cel al micrometrului pneumatic. Tampoanele pneumatice permit măsurarea cu precizii ridicate, pînă la 0,5μ, și se recomandă în special pentru controlul cilindrilor pompelor de distribuție sau altor piese asemănătoare.

O instalație pneumatică specială pentru verificări foarte precise ale alezajelor este reprezentată în fig. 163. Instalația este transportabilă, deși servește pentru controlul alezajelor mari și este de asemenea autoînregistratoare. Motorul *3* pune în funcțiune compresorul *5* prin intermediul arborelui elastic *4*, mecanismul cu pîrghie și roți dințate ale tamponului (nu se vede pe schemă) și tamburul mecanis-

Scanned with CamScanner

mului de înregistrare 7. Aparatul de înregistrare cu manometrul cu apă 6, care este cuplat cu regulatorul de presiune, înregistrează valoarea abaterilor diametrului pe măsură

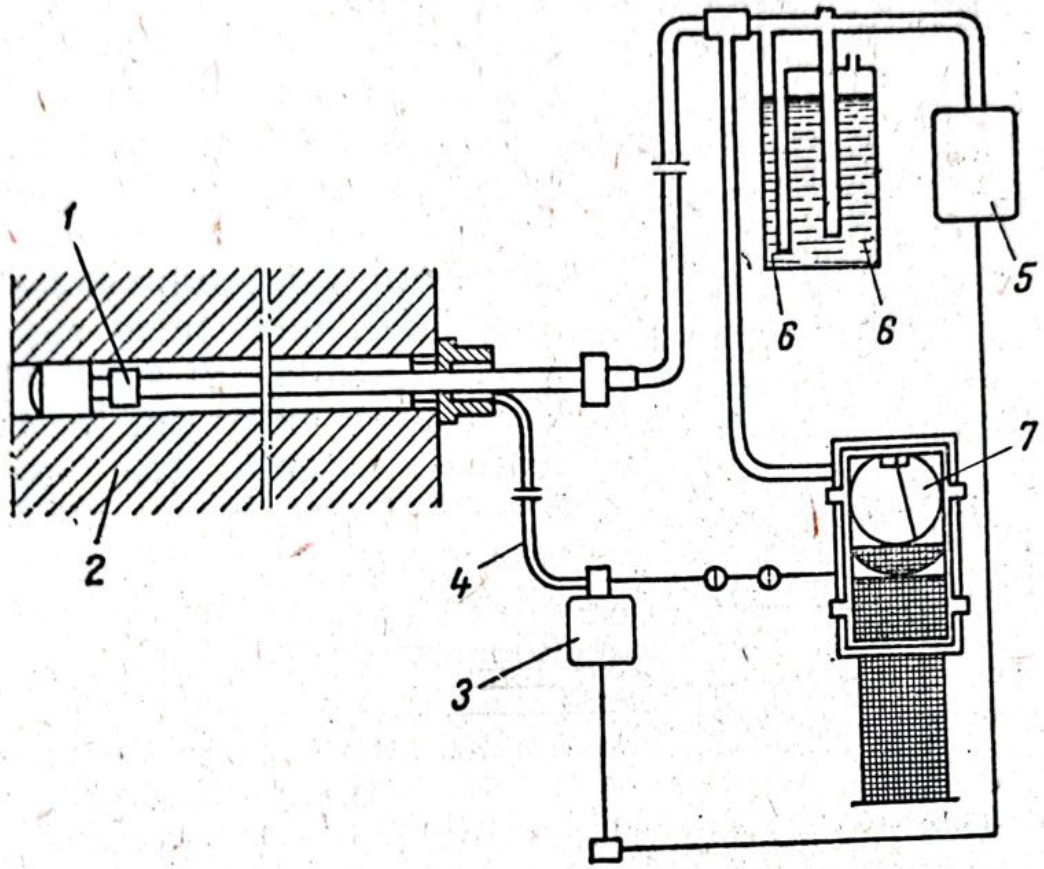


Fig. 163. Instalație pneumatică înregistratoare pentru controlul formei geometrice a alezajelor.

ce calibrul pneumatic *1* intră în alezajul *2* care se controlează. Diagrama înregistrată se descifrează în conformitate cu scara diferitelor coordonate.

IX. Instrumente, aparate și dispozitive de măsurări și verificări speciale

Verificarea suprafețelor și *profilelor complexe* și a poziţiilor relative, cum sînt: paralelismul, perpendicularitatea, poziția a două axe în spațiu, distanțele de la marginea piesei, distanțele dintre axe etc., se verifică de cele mai multe ori cu mijloace universale, adaptate pe dispozitive special amenajate. Aceasta mai ales în cazul seriilor mici de piese, cînd economicitatea procesului tehnologic respectiv nu permite executarea calibrelor speciale.

Scanned with CamScanner

Din numeroasele cazuri folosite în cazul producției în serie de acest fel s-au ales ca exemplificări următoarele:

Șabloanele cu profile inverse pentru verificarea profilelor complexe. În fig. 164, *a* este reprezentată schema de control a abaterilor conturului piesei *2* cu ajutorul șablonului *1* cu contur invers și al tamponului neted limitativ *3*. Dimensiunile conturului șablonului se stabilesc în așa fel, încît între suprafața piesei controlate și suprafața șablonului să existe un joc de valoare constantă (de exemplu 5 mm). Acest joc se verifică cu un tampon neted limitativ. Dimensiunea nominală a jocului coincide cu dimensiunea nominală a tamponului limitativ partea „trece". Dimensiunea nominală a tamponului partea „nu trece" este egală cu jocul nominal plus toleranța profilului.

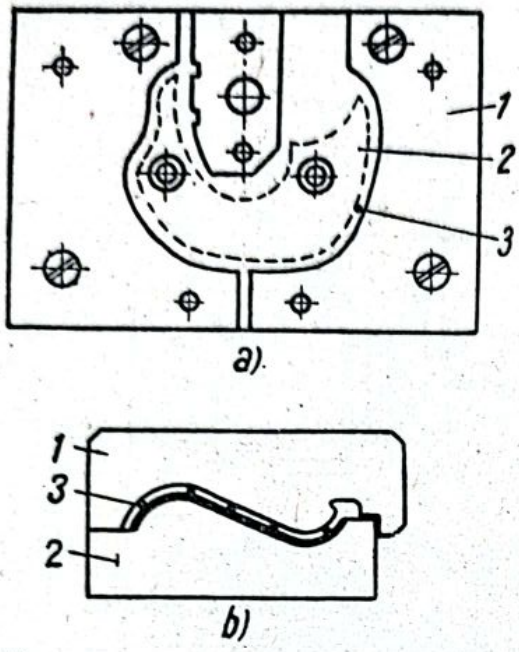


Fig. 164. Controlul cu șablon invers a unui profil complex.

Un alt exemplu de control al profilelor complexe este dat în fig. 164, *b*. Prin suprapunerea piesei pe un același fel de contur al unui șablon executat precis, se pot determina nu numai dimensiunile limite, ci și abaterile efective. În acest scop se folosesc dispozitive indicatoare de tipul celui reprezentat în fig. 165. Șablonul *1* și piesa de verificat *2* se fixează pe un dispozitiv, ghidîndu-se prin găurile de ghidare *5* în care intră știfturile *3* fixate rigid pe un suport așezat pe masa de control *4*. Comparatorul *7* este fixat în suportul unghiular *6*, astfel încît vîrful palpatorului *8* să se găsească în același plan cu fața de control a opritorului vertical *K*. În această situație, cînd palpatorul se sprijină pe profilul șablonului, fața opritorului se sprijină pe profilul piesei de verificat. Mișcînd suportul *6* astfel încît palpatorul comparatorului să parcurgă tot profilul șablonului verificator *1* pe cadranul comparatorului se vor putea citi tot timpul valorile abaterilor. Reglarea la zero a comparatorului se face pe coloana verticală de etalonare *9*, montată pe masa de verificare.

Un exemplu similar însă cu montarea nu suprapusă, ci în paralel a piesei de verificat cu șablonul respectiv îl

Scanned with CamScanner

constituie dispozitivul pentru verificarea camelor arătat în fig. 166. Cama etalon *1* și cea de verificat *2* sînt așezate în aceeași poziție unghiulară și au o mișcare de rotație sincro-

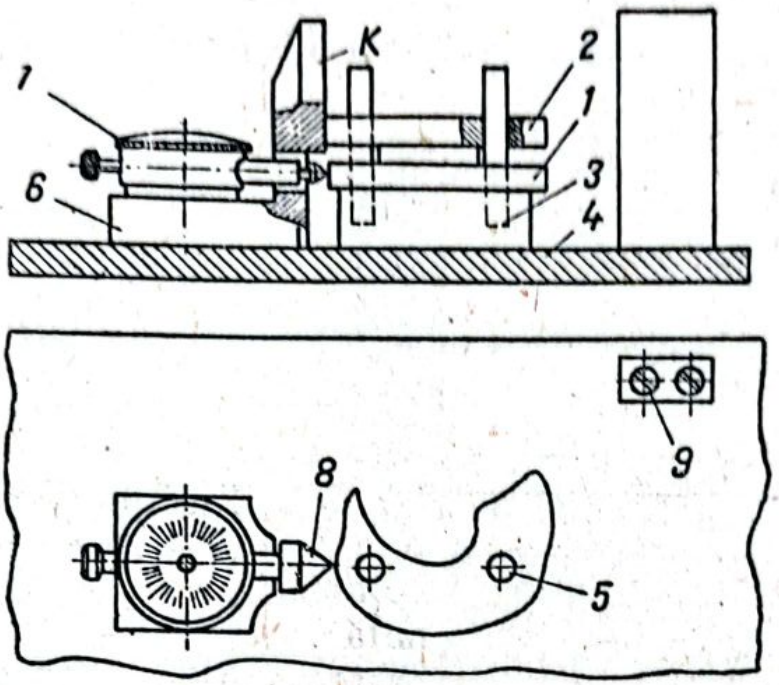


Fig. 165. Dispozitiv pentru verificarea profilelor complexe cu ajutorul profilelor identice.

nizată. Împingătoarele *3* și *4*, sub acțiunea unor arcuri, se sprijină în permanență pe cele două came. Împingătorul *3* acționează asupra suportului *5* al comparatorului, iar împingătorul *4* acționează asupra tijei sale palpatoare. În acest mod se poate pune în evidență orice abatere a camei de verificat față de profilul camei-etalon prin deplasarea acului indicator al comparatorului în timpul rotirii celor două came.

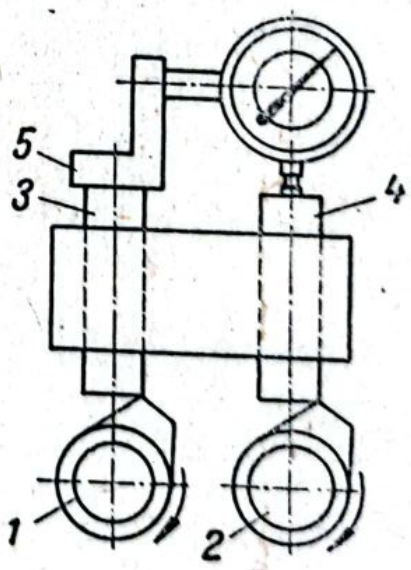


Fig. 166. Dispozitiv pentru controlul camelor.

Cea mai generală problemă de verificare a unui profil complex față de un profil ideal, într-o serie de puncte separate, într-un sistem de coordonate dreptunghiulare, cu precizie care nu depășește 0,1 mm, se face cu ajutorul aparatului reprezentat în fig. 167. Aparatul constă din rigla gradată *1*, prevăzută la capete cu riglele *2* și *3* care pot culisa în suporturile *4* și respectiv *5*, mobile la rîndul

Scanned with CamScanner

lor pe rigla *1*. Un cursor mijlociu *6* poartă rigleta, *7* care poate culisa în direcţie verticală, fiind apăsată în permanenţă pe suprafaţa piesei de verificat de către arcul *8*. Deplasarea în înălţime a riglei *7* se citeşte cu o aproximaţie de 0,1 mm, cu ajutorul vernierului cursorului *6*. Modul de

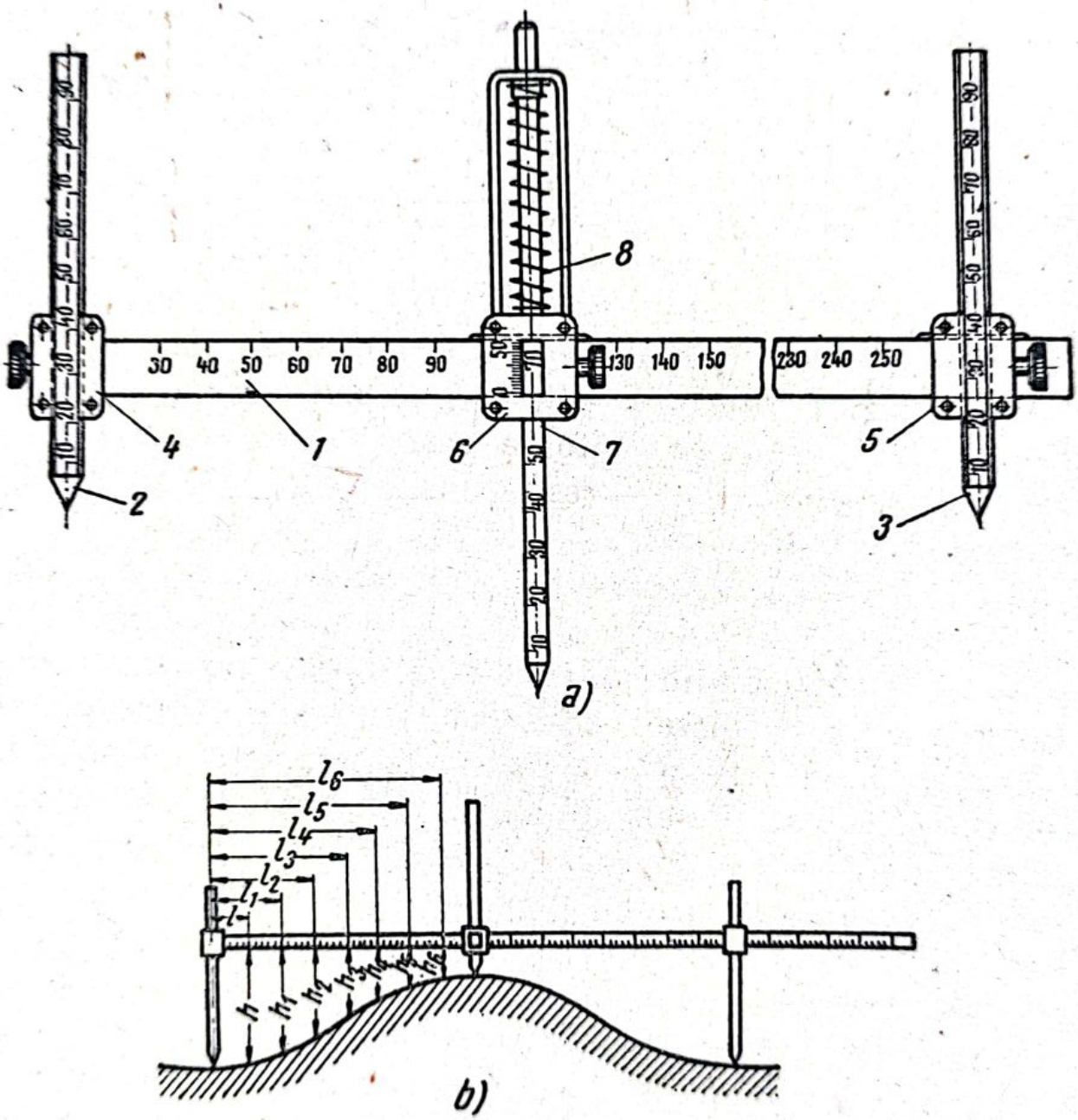


Fig. 167. Aparat pentru controlul profilelor în coordonate dreptunghiulare.

folosire a aparatului este arătat în fig. 167, *b*; Se așază vîrfurile riglelor *2* și *3* la capetele intervalului profilului de verificat, apoi se deplasează cursorul *6* pe profilul piesei respective și se citesc ordonatele corespunzătoare h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, h_6...

Scanned with CamScanner

Pentru verificarea poziţiilor relative a generatoarelor pieselor faţă de axa lor de simetrie sau de rotaţie se fac următoarele verificări:

— verificarea bătăii radiale, a coaxialităţii şi a grosimii pereţilor;

— verificarea bătăii frontale şi a perpendicularităţii axelor;

— verificarea distanţei dintre axe;

— verificarea poziţiei unui ax în raport cu marginea piesei;

— verificarea paralelismului axelor;

— verificarea paralelismului suprafeţelor plane;

— verificarea simetriei axelor.

După forma şi dimensiunile piesei de verificat, aproape toate operaţiile grupate ca mai înainte se execută aşezîndu-se piesa într-un dispozitiv, făcînd-o să se rotească în contact cu tija palpatoare a unui aparat comparator şi înregistrînd abaterile respective în timpul unei rotaţii complete a piesei.

Dispozitivele folosite în acest scop sînt: dispozitive cu vîrfuri sau cu contravîrfuri, pentru verificarea bătăii pieselor cilindrice pline; prisme la acelaşi unghi şi la aceeaşi înălţime, pentru piesele cilindrice pline sau pentru piesele cu gaură cu alezaje, prisme în trepte completate cu blocuri de cale, pentru piesele cilindrice cu diametre în trepte; dornuri simple, dornuri în trepte şi dornuri cu conuri, pentru piesele cu alezaje mari; mandrine, suporturi prismatice şi suporturi unghiulare.

Pentru verificarea paralelismului diferitelor axe, suprafeţe sau alte elemente geometrice, în general, se aşază piesa cu suprafaţa de referinţă pe masa de trasaj şi suportul cu aparatul comparator se poartă de-a lungul elementului de verificat, îngrijindu-se ca în tot acest timp suportul comparatorului să rămînă în contact cu masa, iar tija palpatoare să nu părăsească elementul de verificat.

Pentru exemplificare, în fig. 168 este reprezentat un dispozitiv pentru verificarea poziţiei relative a axului alezajului transversal OO', faţă de axa cilindrului cu diametrul exterior D perpendicular pe planul desenului.

Scanned with CamScanner

Pentru efectuarea verificării se introduce dornul *1* în alezajul transversal. Pe capătul superior al dornului și centrat pe acesta se instalează suportul *2* al comparatorului *3*, citindu-se indicația aparatului comparator. Se mută suportul cu comparatorul în poziția simetrică în partea stîngă

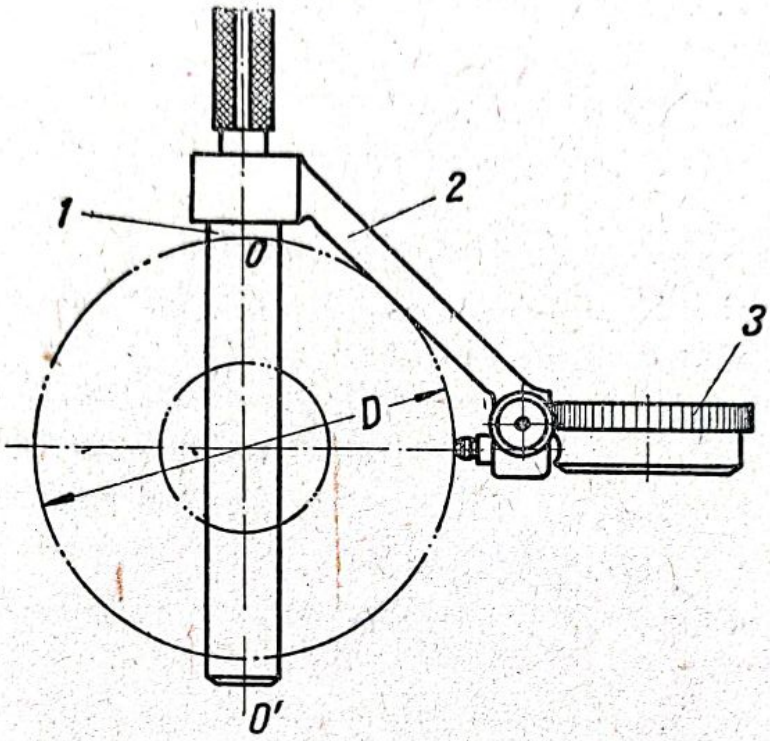


Fig. 168. Verificarea poziției axei unui alezaj transversal față de suprafața exterioară.

și se citește din nou indicația comparatorului. Abaterea căutată este egală cu semidiferența celor două citiri efectuate. Trebuie lucrat cu atenție, pentru ca să nu se facă greșeli de așezare.

X. Considerații economice asupra alegerii metodelor și mijloacelor de măsurare. Automatizarea măsurărilor și verificărilor

Progresul tehnic în industria constructoare de mașini impune creșterea la nivel corespunzător a metodelor și mijloacelor de măsurare. În acest sens, tehnica măsurării trebuie să asigure aplicarea proceselor tehnologice cele mai avansate, în vederea obținerii preciziilor înalte și a calității optime a produselor. Toate acestea trebuie să se efectueze

Scanned with CamScanner

cu cheltuieli cît mai reduse, cu eforturi cît mai mici din partea executanților și cu respectarea tuturor regulilor de protecție și securitate a muncii. În scopul îndeplinirii acestor condiții, înaintea stabilirii oricărui proces tehnologic trebuie să se facă un studiu economic, în vederea alegerii formei tehnică-organizatorice a metodelor de măsurare și verificare cele mai indicate.

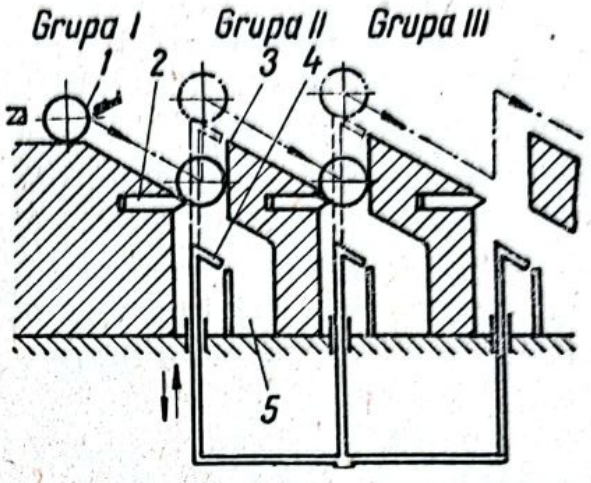


Fig. 169. Instalația automată de sortare pe grupe.

Pentru producția în serie mare și în masă, acest studiu economic duce la necesitatea desfășurării procesului de control pe operații și a construirii de aparate speciale pentru fiecare din aceste operații. Tendința actuală este ca prin așezarea în flux a acestor aparate, prin raționalizarea și prin perfecționarea lor să se ajungă la mecanizarea și la automatizarea proceselor de măsurare și verificare, creînd în același timp o legătură din ce în ce mai strînsă între tehnica prelucrării și tehnica măsurării.

Din punct de vedere tehnico-organizatoric, metodele de măsurare și verificare și aparatele respective se pot împărți în: active și neactive (pasive). Primele sînt cele care execută operația de măsurare în timpul prelucrării și conduc procesul tehnologic, comandînd reglările necesare ca urmare a abaterilor de la valorile nominale prescrise. Aceste metode și aparate sînt cele mai moderne și mai recomandate. Ele fac posibilă realizarea scopului adevărat al controlului fabricației, preîntîmpinarea rebutului. Celelalte, neactive, se folosesc după terminarea operației respective și atunci cînd sînt completate cu elemente pentru înregistrarea automată a rezultatelor măsurării și instalații de sortare automată a pieselor, sînt foarte raționale din punct de vedere economic.

Una dintre cele mai simple instalații pentru verificare neactivă este instalația de sortare pe grupe a pieselor de formă cilindrică, reprezentată schematic în fig. 169. Piesa *1* este împinsă automat spre planul înclinat, care o face să ajungă în poziția de măsurare, grupa I. Dimensionarea acestei grupe este fixată prin distanța dintre cuțitul *2* și

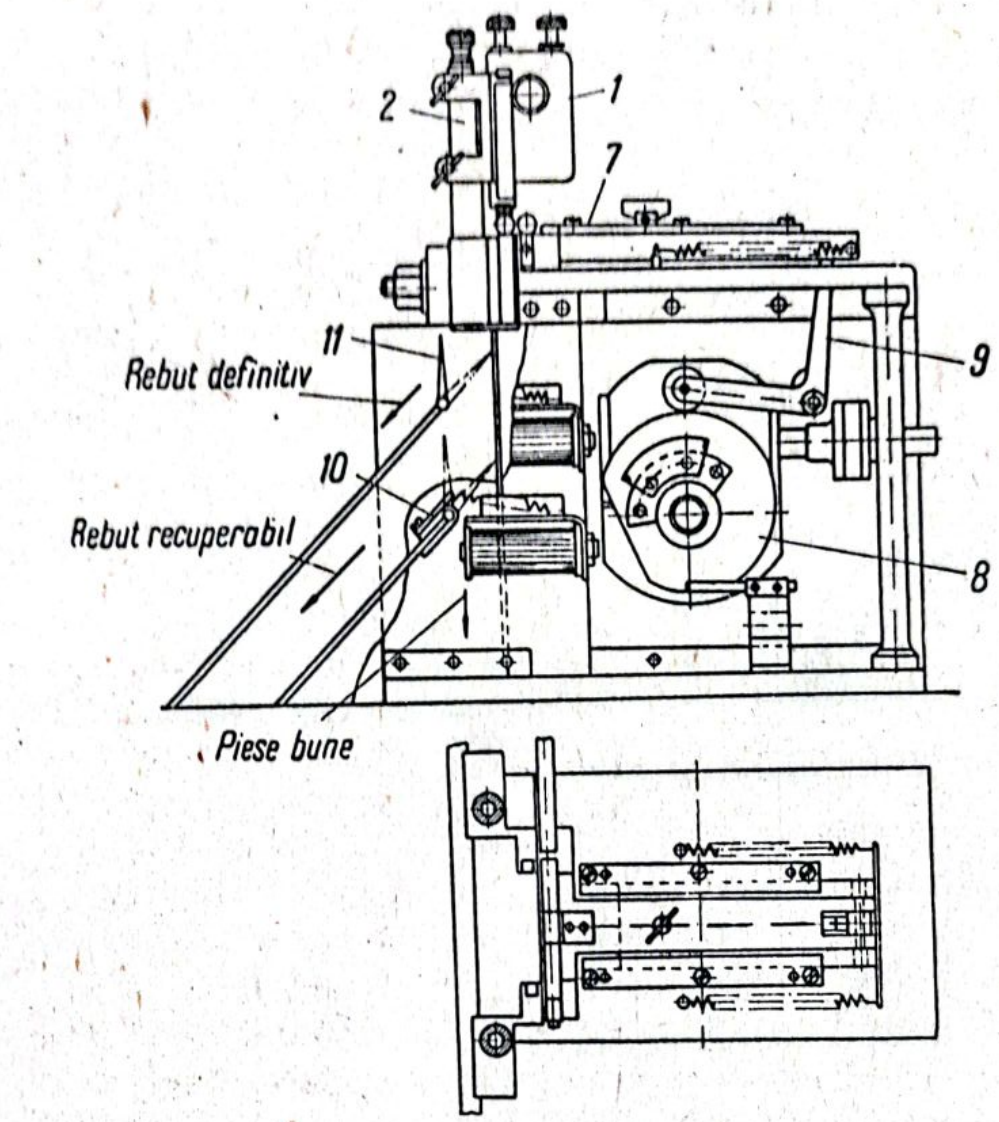
Scanned with CamScanner

peretele *3*. Dacă diametrul piesei întrece distanța dintre cuțit și perete, piesa este ridicată de împingătorul *4* și lăsată să se rostogolească în poziția de măsurare corespunzătoare grupei II. Operația se repetă pînă cînd piesa poate trece printre cuțit și perete în depozitul *5*, corespunzător grupei respective.

O instalație pentru sortarea pieselor cilindrice în piese bune, remaniabile și rebut, cu verificare la ambele capete sau în oricare alte două secțiuni, este reprezentată în fig. 170. Piesele de măsurat sînt aduse de împingătorul *7*, în poziție de măsurare, între cuțitele pentru măsurare ale pîrghiilor *3* și ale suporturilor așezate pe placa *4*, blocată în poziția respectivă prin strîngerea piulițelor *6*. Pe coloanele *2* se pot fixa, cu ajutorul șuruburilor de reglaj *5*, în poziția dorită, traductoarele *1* de ale căror tije palpatoare sînt acționate de pîrghiile *3*. Pentru piesele bune, pîrghiile de contact ale traductorilor nu închid nici un contact, rămînînd în poziție mijlocie. În această situație, clapetele *11* sînt menținute în poziție verticală, armăturile *10* fiind atrase de niște electromagneți, în timp ce piesa cade vertical în lada de piese bune. Pentru piese cu diametre superioare celui admisibil, deci piese rebut recuperabil, se închide unul din cele două contacte ale traductorului, electromagnetul respectiv rămîne fără curent, armătura *10* nu mai este atrasă și, sub acțiunea unui arc, clapeta inferioară *11* se închide, piesa fiind silită să alunece pe planul înclinat în lada pieselor rebut recuperabil. Același efect îl are asupra clapetei superioare *11* închiderea contactului superior al traductorului.

În acest caz piesa, avînd diametrul mai mic decît cel admisibil, se rostogolește pe planul înclinat superior, în lada pieselor rebut definitiv. Acționarea împingătorului se face prin intermediul camei *8* și al pîrghiei *9*. Metoda activă de verificare a găsit cele mai favorabile condiții de aplicare la operațiile de rectificare. Astfel, pentru măsurarea diametrelor arborilor în timpul prelucrării pe mașini de rectificat rotund între vîrfuri servește aparatul cu comparator reprezentat în fig. 171. Piesa *1* de verificat este cuprinsă de potcoava *2*, schimbabilă după diametrul piesei, și controlată în permanență de tija palpatoare *3*, apăsată pe suprafața ei de către arcul spiral *4*. Acul indicator al comparatorului urmărește mișcările tijei *3* pe al cărui umăr superior se sprijină în permanență tija palpatoare a comparatorului *5*.

Scanned with CamScanner



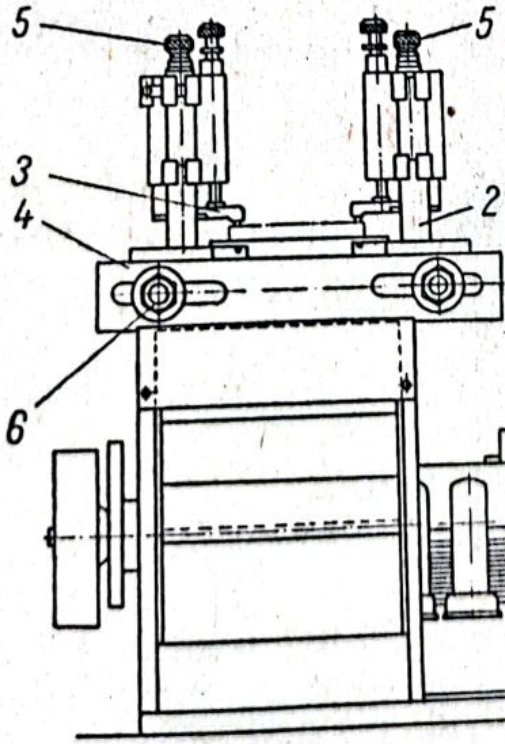


Fig. 170. Instalaţie automată de sortare tip BV.

Scanned with CamScanner

Aparatul este fixat pe mașina de rectificat prin intermediul amortizorului *6* și al pîrghiei *7*.

Măsurarea și controlul alezajelor în timpul rectificării se fac cu ajutorul instalațiilor cu contact de felul celor repre-

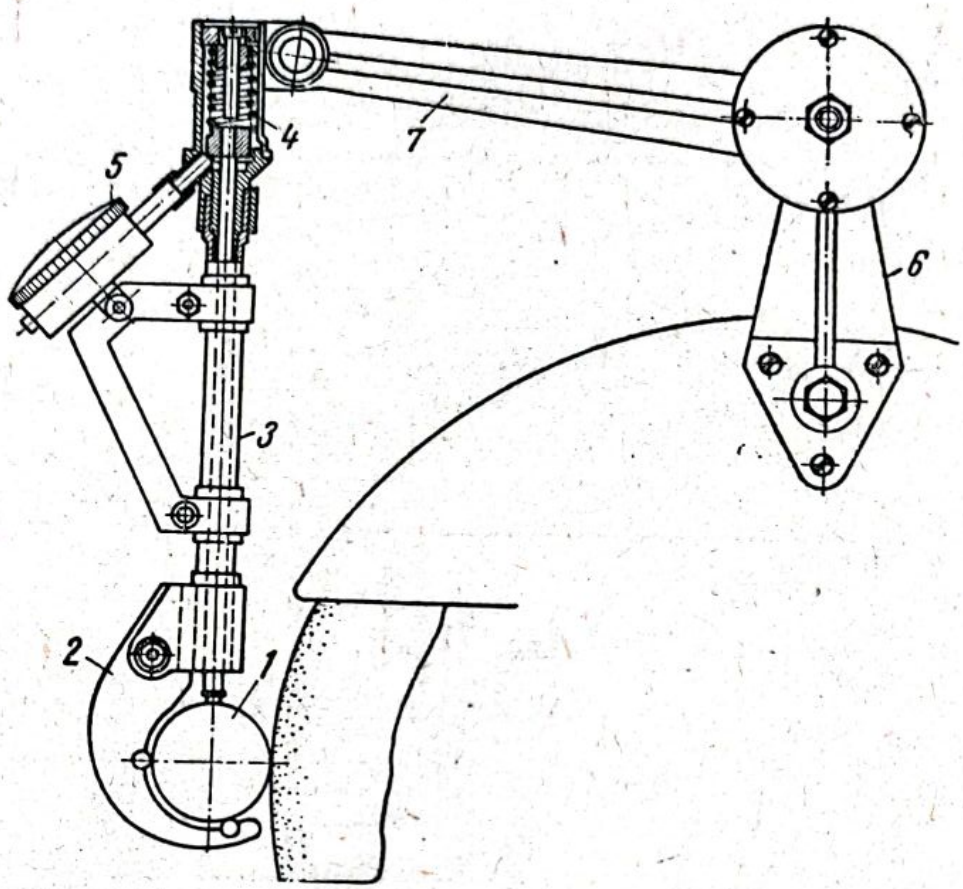


Fig. 171. Aparat pentru controlul diametrelor exterioare în timpul rectificării.

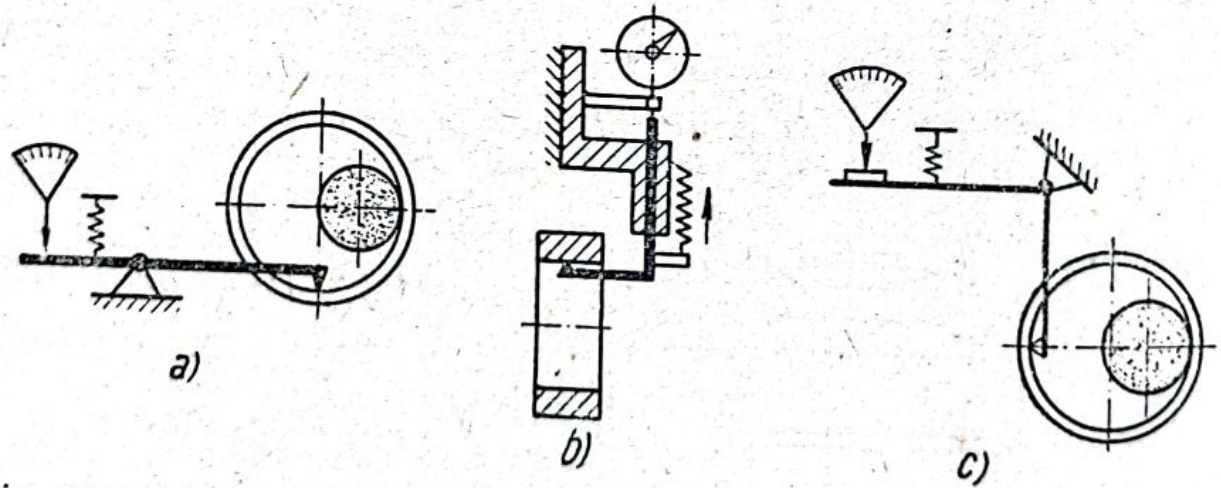


Fig. 172. Scheme de principiu pentru instalații cu un contact pentru controlul alezajelor în timpul rectificării.

zentate schematic în fig. 172. În interiorul piesei de verificat se introduce brațul palpatorului care transmite abaterile de la dimensiune la un comparator. Transmisia poate fi cu

Scanned with CamScanner

pîrghii (fig. 172, *a* și *c*) sau cu deplasare liniară (fig. 172, *b*). Aceste tipuri de aparate sînt utilizate ca instalații cu un singur contact. În momentul în care diametrul piesei ajunge la dimensiunea prescrisă se stabilește contactul întrerupătorului, care oprește mașina.

Instalațiile de control automate cele mai moderne combină operațiile de control dimensional cu cele de control al abaterilor de la forma geometrică perfectă. O asemenea instalație servește la controlul simultan al diametrelor

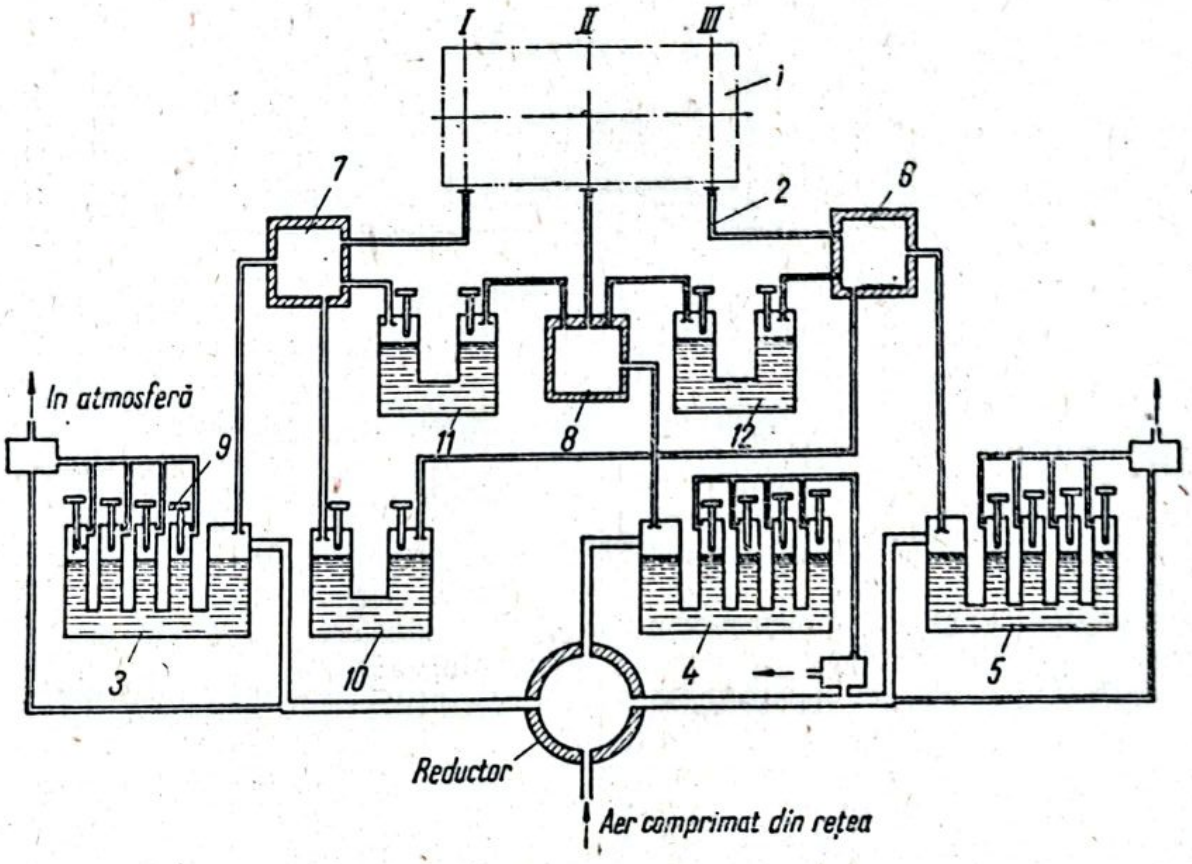


Fig. 173. Schema unei instalații pneumatice automate pentru controlul complex cu sortare al bolțurilor de piston.

bolțurilor de piston cu sortarea în grupe și controlul ovalității și conicității. O astfel de instalație este reprezentată schematic în fig. 173. Măsurarea bolțurilor *1*, cu precizie de cîțiva microni, cu sortarea în trei grupe, I, II și III, se face cu ajutorul unei instalații pneumatice cu trei ajutaje, *2*, așezate în cele trei secțiuni sub un unghi de 120° unul față de altul și la distanțe diferite.

Aerul comprimat din rețea trece printr-un reductor în traductoarele cu mercur *3*, *4* și *5*, direct (lateral), pentru crearea presiunii cît și indirect (pe sus), pentru crearea unei contrapresiuni. Pentru sortarea în patru grupe, traductoarele *3*, *4* și *5* au fiecare cîte patru camere cu contacte electrice, *9*,

Scanned with CamScanner

reglate la înălțimi corespunzătoare grupelor de sortare. Contactul electric se realizează între baia de mercur și contactul reglabil *9*.

Abaterile de la forma geometrică exactă se controlează prin traductoarele diferențiale *10*, *11* și *12*, legate între ajutajele a cîte două secțiuni, prin intermediul camerelor de distribuție *6*, *7* și *8*. Verificarea conicității se realizează prin compararea măsurărilor în două secțiuni dintre ajutaje iar verificarea ovalității se face concomitent, ca urmare a decalajului unghiular al celor trei ajutaje.

ANEXA 1

Standarde referitoare la instrumentele și aparatele de măsurat

STAS	Denumirea
	P. Industria construcției de aparate
	P.01. *Terminologie și clasificare*
4281-54	Aparate de măsurat filete. Terminologie.
4201-53	Aparate de măsurat lungimi. Terminologie.
4447-54	Dinamometre. Clasificare.
2493-57	Măsuri de lungime. Terminologie.
2933-60	Măsuri și aparate de măsurat. Terminologie.
4443-54	Măsuri și aparate de măsurat unghiuri. Terminologie.
2810-57	Mijloace de măsurare — etalon (etaloane). Terminologie.
4268-54	Mijloace pentru verificarea calității suprafețelor. Terminologie.
4200-53	Mijloace pentru verificarea rectilinității și planității. Terminologie.
	P.02. *Metode de calcul și de construcție a aparatelor*
2701-51	Măsuri de lungime. Radiația de lumină de referință.
	P.1. Aparate mecanice
	P.12. *Măsuri și aparate de măsurat mecanice*
1374-55	Aparate de măsurat. Micrometre de exterior obișnuite. Condiții generale.
3648-53	Șublere de adîncime. Condiții generale.
1373-55	Șublere obișnuite. Condiții generale.

Scanned with CamScanner

ANEXA 1 (continuare)

STAS	Denumirea
5516-57	Calibre filetate pentru filete cilindrice. Condiţii generale.
5221-56	Calibre fixe pentru filete exterioare. Calibre inel pentru filet metric fin-1. Dimensiuni.
4677-55	Calibre inel pentru filet metric normal. Dimensiuni.
4250-54	Calibre fixe pentru filete interioare. Calibre tampon cu şurub de fixare pentru filet în ţoli (Whitworth) normal. Dimensiuni.
4249-54	Calibre tampon cu şurub de fixare pentru filet metric normal. Dimensiuni.
4977-55	Calibre tampon dintr-o bucată pentru filet metric fin-1. Dimensiuni.
4445-54	Calibre tampon dintr-o bucată pentru filet metric normal. Dimensiuni.
4135-53	Calibre tampon obişnuit pentru filet în ţoli (Whitworth) normal. Dimensiuni.
4991-55	Calibre tampon obişnuit pentru filet metric fin-1. Dimensiuni.
4136-53	Calibre tampon obişnuit pentru filet metric normal. Dimensiuni.
3797-53	Calibre netede fixe. Contracalibre. Dimensiuni.
3433-52	Calibre netede fixe pentru alezaje. Calibre tampon cu şurub de fixare. Dimensiuni.
4350-54	Calibre tampon incomplet. Dimensiuni.
2981-52	Calibre tampon obişnuit. Dimensiuni.
3633-53	Calibre tampon plat. Dimensiuni.
3634-53	Calibre vergea cu capete sferice. Dimensiuni.
3507-52	Calibre netede fixe pentru arbori. Calibre matriţate (turnate). Dimensiuni.
2991-52	Calibre plate. Dimensiuni.
5203-56	Calibre tampon pentru filete interioare. Calibre tampon cu şurub de fixare pentru filet metric fin-1. Dimensiuni.
3144-52	Măsuri de lungime. Metru-riglă din lemn.
3189-52	Metru şi dublu-metru articulat din lemn.
5199-56	Măsuri de lungime cu repere. Rigle metalice flexibile de măsurat. Condiţii generale.
5024-55	Rigle metalice de măsurat, scurte. Condiţii generale.
2426-55	Rigle metalice rigide de măsurat normale. Condiţii generale.
3307-52	Măsuri de masă. Greutăţi din fontă.
4612-54	— Greutăţi tehnice cilindrice din fontă. Clasa de fabricaţie 3.

Scanned with CamScanner

ANEXA 1 (continuare)

STAS	Denumirea
4248-54	— Greutăţi tehnice cilindrice din oţel. Clasa de fabricaţie 2 şi 3.
5648-57	— Greutăţi tehnice clasa 1 de fabricaţie.
4079-53	Măsuri şi aparate de măsurat. Calibre filetate fixe pentru filete cilindrice. Clasificare.
2980-52	Calibre netede limitative pentru alezaje şi arbori. Clasificare.
4293-57	Comparatoare cu cadran. Precizia de citire 0,01 mm. Condiţii generale.
2517-54	Măsuri terminale de lungime. Cale plan-paralele.
2992-52	Mînere pentru calibre. Dimensiuni.
4351-54	Mînere pentru calibre filetate. Dimensiuni.
5292-56	Calibre conice pentru filetul special al racordurilor speciale.

Scanned with CamScanner

Bibliografie

Aparin G. A. şi Gorodeţki I. E., Toleranţe şi măsuri tehnice (traducere din limba rusă), Bucureşti, Editura tehnică, 1956.

Grigoriev I. A. şi Dvoreţki E. R., Controlul dimensiunilor în construcţia de maşini (traducere din limba rusă), Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

Ghilezan A. şi Şeptilici R., Aparate şi metode de măsurare şi control în construcţia de maşini, ed. a 2-a, Bucureşti, Editura de Stat didactică şi pedagogică.

D. G. M. S. I., Măsuri şi aparate de măsurat fabricate şi folosite în R.P.R. (lungimi nr. 1), Bucureşti, E.S.I.P., 1957.

D. G. M. S. I., Măsuri şi aparate de măsurat fabricate şi folosite în R.P.R. (lungimi nr. 8), Bucureşti, E.S.I.P., 1959.

Eliade G. G. ş.a., Măsurarea dimensiunilor în construcţia de maşini, Bucureşti, Editura tehnică, 1957.

Moga Al., Dispozitive şi verificatoare din elemente tipizate, Bucureşti, I.D.T., 1960.

Moga Al., Aspecte noi ale problemei calităţii suprafeţelor în industria constructoare de maşini, Bucureşti, I.D.T., 1961.

Lesohin A. F., Toleranţe şi măsuri tehnice (traducere din limba rusă), Bucureşti, I.D.T., 1956.

Şerbănescu N., Instrumente şi aparate de măsurat şi verificat în metalurgia prelucrătoare, Bucureşti, Editura C.G.M., 1950.

Zinin A. P. şi Ignatov A. V., Controlul tehnic la prelucrarea metalelor (traducere din limba rusă), Bucureşti, Editura Tehnică, 1957.

Scanned with CamScanner

Tabla de materii

	pag.
Prefață	3
I. Tehnica măsurărilor	5
1.1. Noțiuni despre măsurare și control	5
1.2. Bazele tehnicii măsurărilor	6
1.3. Metode de măsurare. Clasificare	8
1.4. Parametrii geometrici și calitatea unei piese	10
1.5. Toleranțe și ajustaje	19
1.6. Rezultatele măsurărilor. Erori de măsurare	23
II. Instrumente și aparate de măsurare	26
2.1. Clasificarea instrumentelor și aparatelor de măsurare	26
2.2. Elementele constructive ale aparatelor de măsurare	29
2.3. Precizia aparatelor de măsurare, clase de precizie	36
2.4. Verificarea metrologică a instrumentelor și aparatelor de măsurare	36
III. Instrumente și aparate de măsurare a lungimilor	38
3.1. Calibre, șabloane, lere	38
3.2. Măsuri terminale. Cale și sonde (spioni)	45
3.3. Măsuri cu repere. Rigle	49
3.4. Aparate cu cursor și vernier. Șublere și compase	56
3.5. Aparate de măsurare cu șurub micrometric. Micrometre	64
3.6. Aparate cu amplificare mecanică. Comparatoare	70
3.7. Aparate cu pîrghie mecanică. Minimetre	73
3.8. Aparate cu pîrghie și cu roți dințate	75
3.9. Aparate cu amplificare prin arc	80
3.10. Aparate cu amplificare optică și optico-mecanică	83
3.11. Mașini și aparate mecanice și optice pentru măsurări tehnice	90
3.12. Comparatoare electrice și pneumatice	96
3.13. Alte aparate de măsurare a lungimilor	101
IV. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor conicităților	104
4.1. Instrumente-model rigide pentru verificarea unghiurilor și conicităților	105
4.2. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor prin metode goniometrice	110

Scanned with CamScanner

pag.

4.3. Instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor și conicităților prin metode trigonometrice 115
4.4. Alte instrumente și aparate de măsurare a unghiurilor și conicităților 119

V. Instrumente și aparate de verificare și măsurare a filetelor 124

5.1. Șabloane (lere) și calibre pentru filet..... 124
5.2. Aparate cu șurub micrometric. Micrometre..... 129
5.3. Sîrme pentru măsurarea filetelor..... 131
5.4. Aparate optice de măsurare a filetelor..... 134
5.5. Alte metode, instrumente și aparate de măsurare a filetelor 136

VI. Instrumente și aparate de măsurare a roților dințate..... 137

6.1. Instrumente și aparate de măsurare a elementelor roților dințate cilindrice 138
6.2. Instrumente și aparate de verificare și măsurare complexă a roților dințate cilindrice..... 149
6.3. Alte instrumente și aparate de verificare și măsurare a roților dințate cilindrice..... 150
6.4. Instrumente și aparate de verificare și măsurare a roților dințate conice și elicoidale..... 151

VII. Instrumente și aparate de măsurare a calității suprafețelor 153

7.1. Etaloane pentru verificarea rugozității..... 155
7.2. Aparate optice pentru măsurare a rugozității 156
7.3. Aparate de măsurare a calității suprafețelor prin palpare 158
7.4. Alte metode și aparate de măsurare a calității suprafețelor 161

VIII. Instrumente și aparate de control al abaterilor de la forma geometrică 162

8.1. Instrumente și aparate de control al ovalității și poligonalității 163
8.2. Instrumente și aparate de control a conicității, convexității, concavității și încovoierii axei.... 163
8.3. Alte instrumente și aparate de măsurare și control ale abaterilor de la forma geometrică..... 166

IX. Instrumente, aparate și dispozitive de măsurări și verificări speciale 167

X. Considerații mecanice asupra alegerii metodelor și mijloacelor de măsurare. Automatizarea măsurărilor și verificărilor 172

Bibliografie 181

Scanned with CamScanner

Vor apărea

S. Eliezer

CUȚITE CU PLĂCUȚĂ DIN CARBURI METALICE

★

A. Mazilu

DESEN TEHNIC INDUSTRIAL PENTRU MUNCITORI

★

M. Mustafa

DE CE SE UZEAZĂ MAȘINILE

★

St. Cușută, V Ghiocel

COPIEREA PE MAȘINI-UNELTE

★

Z. Duca

GĂURIREA

Scanned with CamScanner